



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**



ANDREA ARAÚJO DE NÓBREGA CAVALCANTI

CIRURGIÃ-DENTISTA

#

**Resistência de união na parede cervical de
restaurações Classe II submetidas a tensões
térmicas e mecânicas: efeito do sistema adesivo e
do uso de compósito de baixa viscosidade**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE PIRACICABA, DA UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE CAMPINAS, PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO
DE MESTRE EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA - ÁREA DE
DENTÍSTICA.

PIRACICABA

2005



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**



ANDREA ARAÚJO DE NÓBREGA CAVALCANTI
CIRURGIÃ-DENTISTA

#

**Resistência de união na parede cervical de
restaurações Classe II submetidas a tensões
térmicas e mecânicas: efeito do sistema adesivo e
do uso de compósito de baixa viscosidade**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE PIRACICABA, DA UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE CAMPINAS, PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO
DE MESTRE EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA - ÁREA DE
DENTÍSTICA.

ORIENTADORA: PROFA. DRA. GISELLE MARIA MARCHI BARON

BANCA EXAMINADORA: PROF. DR. LUIS ROBERTO MARCONDES MARTINS

PROFA. DRA. GISELLE MARIA MARCHI BARON

PROF. DR. WALTER GOMES MIRANDA JÚNIOR

PIRACICABA

2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
Bibliotecário: Marilene Girello – CRB-8ª. / 6159

C314r Cavalcanti, Andrea Araújo de Nóbrega.
Resistência de união na parede cervical de restaurações classe II submetidas a tensões térmicas e mecânicas : efeito do sistema adesivo e do uso de compósito de baixa viscosidade. / Andrea Araújo de Nóbrega Cavalcanti. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2005.

Orientador: Giselle Maria Marchi Baron.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Odontologia. 2. Materiais dentários. 3. Resinas compostas. 4. Adesivos dentinários. I. Baron, Giselle Maria Marchi. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

(mg/fop)

Título em inglês: Bond strength of Class II restorations submitted to thermal and mechanical stresses: influence of adhesive systems and flowable composite lining

Palavras-chave em inglês (*Keywords*): Dentistry; Dental materials; Composite resins; Dentin-Bonding Agents

Área de concentração: Dentística

Titulação: Mestre em Clínica Odontológica

Banca examinadora: Luis Roberto Marcondes Martins; Giselle Maria Marchi Baron; Walter Gomes Miranda Júnior

Data da defesa: 25/02/2005

Dedico este trabalho,

**Às mulheres da minha vida: Neide, Manuela e
Paula,**

Eternos exemplos de luta e perseverança. Vocês
são responsáveis pela minha vida e crescimento.
Espero ser sempre digna do amor e dedicação
que me depositam!

A Deus,

Por iluminar meu caminho, ajudar nas
minhas escolhas e colocar pessoas
tão especiais na minha vida...

#

#

Agradecimento Especial

À **Profa. Dra. Giselle Maria Marchi Baron**. A sua orientação é um modelo que quero levar para sempre na minha vida. Muito obrigada pela confiança, incentivo e, acima de tudo, pela sua amizade.

À **Profa. Dra. Paula Mathias**, não consigo imaginar este caminho sem sua presença tão constante. Serei eternamente grata pelo seu apoio na realização deste sonho. Saiba que existe um pouquinho de você em **tudo** o que faço. E eu me orgulho muito disto!

À **Profa. Ceres Mendonça Fontes**, por sua imensa sabedoria, tantas vezes dividida comigo. Obrigada por me mostrar que trabalho e dedicação tornam nossas vitórias ainda mais especiais.

À **Profa. Dra. Gláucia Maria Bovi Ambrosano**, sua ajuda, seus conselhos, sua amizade e o refúgio da sua sala são inestimáveis para mim. Minha gratidão pelo carinho e atenção em todas as horas.

Agradecimentos

À **Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP**, nas pessoas do seu Diretor, Prof. Dr. Thales Rocha de Mattos Filho, e do Diretor Associado, Prof. Dr. Mario Fernando de Góes, pela oportunidade de realização deste Curso de Pós-graduação.

Ao **Prof. Dr. Pedro Luís Rosalen**, Coordenador do Curso de Pós-graduação da FOP-UNICAMP e ao **Prof. Dr. Roger Willian Fernandes Moreira**, Coordenador do Curso de Pós-graduação em Clínica Odontológica, pela atenção prestada.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, pela concessão da bolsa de mestrado.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)** pelo Auxílio à Pesquisa destinado à execução da fase experimental deste trabalho.

Ao **Prof. Dr. Marcelo Ferraz Mesquita**, da Área de Prótese Total, pela utilização do laboratório e da Máquina de Ciclagem Térmica.

Aos Professores que participaram do meu exame de qualificação, **Prof. Dr. Marcelo Giannini**, **Prof. Dr. Mario Coelho Sinhoreti** e **Prof. Dr. Guilherme Elias Pessanha Henriques**, pelas sugestões que vieram enriquecer este trabalho.

Aos Professores da Área de Dentística, **Luis Roberto Marcondes Martins, Luis Alexandre Maffei Sartini Paulillo, Luiz André Freire Pimenta, José Roberto Lovadino e Marcelo Giannini**, pelos ensinamentos e aprimoramento do meu conhecimento da Dentística.

Aos Funcionários da Área de Dentística, **Fernanda e Pedro Justino**, por estarem sempre presentes e prontos a ajudar esta “baiana”.

Aos Funcionários **Eliene e Adriano**, pela forma prestativa e atenciosa que me receberam no MEV. Obrigada pela ajuda essencial nas análises microscópicas.

Ao querido casal **Alessandra e Fabinho**, muito mais que colegas de orientação, verdadeiros amigos! Vocês foram indispensáveis na realização deste trabalho: na elaboração do projeto, execução da parte experimental, prestação de contas, ilustrações... enfim, jamais me esquecerei da ajuda e do carinho de vocês.

A todos os amigos feitos em Piracicaba, companheiros nas alegrias e tão importantes nos momentos difíceis! Terei sempre um espaço reservado para vocês no meu coração. Agradeço aos colegas do Mestrado por compartilharem comigo esta etapa de crescimento e descobertas - **Cris, Jansen, Caio, Ana Paula, Débora, Vanessa Bueno, Rodrigo, Cecília e Cris Franco**. Aos queridos veteranos, alunos do Doutorado, **Vanessinha, César, Van Ruiva, Denise, Celso, Ricardinho, André carioca, Carol, Flávio e Alex**. Obrigada pelo carinho com que

me receberam e pela ajuda desde o começo deste curso. E aos meus “futuros” colegas, **Adriano, Fernanda, Flávia, Maria, Marina, Samira, André Mineiro e Claudia**, que o caminho de vocês tenha todo o sucesso que vocês merecem.

Aos amigos **Sandro e Érica**, pelos mais de 10.000 momentos de muita alegria que compartilhamos na nossa “republica”. Espero que muitos mais estejam por vir!

À **Teca**, minha grande amiga, por me ajudar desde o primeiro momento em Piracicaba.

Aninha, Dani, Josi, Lizi e Marcinha, se os amigos são nossa “família escolhida”, então eu tenho muitas irmãs. Amo vocês!

Ao **Marcelo**, que de um jeito especialmente seu, conquistou meu coração. Obrigada por estar do meu lado em todos os momentos, ora enxugando minhas lágrimas, ora me fazendo sorrir. É impossível não amar você!

A todos,

Meus sinceros agradecimentos.

“... elos de uma corrente em que a resistência da corrente é tão forte quanto o seu elo mais fraco. É geralmente aceito que o elo fraco na adesão da resina ao esmalte e à dentina está na interface tecido-resina. Esta conexão é formada pelo clínico. Desta forma, o conhecimento de como esta união é formada e dos fatores que influenciam seu desempenho são básicos para a predição da efetividade clínica das restaurações adesivas.”

Gwinnett, 1996 - Global Restorative Symposium, Milford, DE

Sumário

	PÁGINA
RESUMO	1
ABSTRACT	3
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO DA LITERATURA	8
2.1 ADESÃO	8
2.1.1 SUBSTRATO DENTINÁRIO	8
2.1.2 SUBSTRATO BOVINO	11
2.1.3 SISTEMAS ADESIVOS	13
2.2 TENSÕES DA CONTRAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO	15
2.3 TÁTICAS PARA MINIMIZAR AS TENSÕES GERADAS PELA CONTRAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO	20
2.4 TENSÕES TÉRMICAS E MECÂNICAS	29
2.5 TESTE DE RESISTÊNCIA DA UNIÃO – MICROTRAÇÃO	33
3 PROPOSIÇÃO	35
4 MATERIAL E MÉTODOS	36
4.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO	36
4.2 SELEÇÃO DOS DENTES	36
4.3 PREPARO DAS CAVIDADES	37
4.4 PROCEDIMENTO RESTAURADOR	39
4.5 CICLAGEM TÉRMICA	43
4.6 CICLAGEM MECÂNICA	44
4.7 AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DA UNIÃO À MICROTRAÇÃO	44
4.8 OBSERVAÇÕES EM MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA – ANÁLISE DO PADRÃO DE FRATURA	47

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	47
5 RESULTADOS	49
5.1 RESISTÊNCIA DE UNIÃO	49
5.2 ANÁLISE DO PADRAO DE FRATURA	51
6 DISCUSSÃO	56
7 CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS	66
ANEXOS	71

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes sistemas adesivos e do uso de camadas de resina composta de baixa viscosidade na resistência de união à dentina de restaurações Classe II, submetidas a ciclos térmicos e mecânicos. Cavidades proximais com margem cervical em dentina foram preparadas em noventa incisivos bovinos. Os dentes foram aleatoriamente divididos em nove grupos (n=10), segundo a combinação “Tipo de agente de união + Camada (1,0mm) do compósito de baixa viscosidade Filtek Flow (FF)”: G1- Single Bond (SB) sem FF; G2- SB + 1 camada de FF; G3- SB + 2 camadas de FF; G4- OptiBond Solo Plus (OS) sem FF; G5- OS + 1 camada de FF; G6- OS + 2 camadas de FF; G7- Prime & Bond NT (NT) sem FF; G8- NT + 1 camada de FF e G9- NT + 2 camadas de FF. Os sistemas adesivos foram aplicados segundo as instruções dos respectivos fabricantes e cada camada de FF foi fotoativada separadamente. As restaurações foram concluídas com compósito Filtek Z250. Posteriormente, foi realizada a ciclagem térmica (1.000x, 5-55°C, 60s/banho) e a mecânica (100.000x, 80N, 2,0Hz), em todas as unidades experimentais. Após as ciclagens, os dentes foram seccionados verticalmente, obtendo-se duas fatias de, aproximadamente, 1,0mm de espessura. Em cada fatia, a interface de união da parede cervical foi recortada em formato de ampulheta, originando uma área de cerca de 1,0mm². As fatias foram submetidas ao teste de microtração em máquina de ensaio universal (v=0,5mm/min). Após o teste, os corpos-de-prova foram avaliados em MEV para determinação dos padrões de fratura. As médias (DP) encontradas foram (MPa): G1- 18,7 (7,9); G2- 18,3 (11,4); G3- 19,3 (6,9); G4- 15,4 (5,0); G5- 12,7 (4,2); G6- 12,77 (4,8); G7- 19,3 (7,5); G8- 14,9 (3,1) e G9- 17,83 (3,8). De acordo com os resultados da análise estatística (ANOVA dois-critérios / Tukey, $\alpha=5\%$), não foram observadas diferenças significativas entre o uso ou não das camadas de FF. As médias de resistência de união dos agentes SB e NT não diferiram estatisticamente e ambas foram significativamente maiores do que as

observadas quando o OS foi usado ($p < 0,05$). A distribuição do padrão de fratura variou consideravelmente entre os grupos experimentais (Teste Exato de Fisher, $\alpha = 5\%$). Nos grupos sem camadas de resina composta de baixa viscosidade (G1, G4 e G7), a frequência de falhas adesivas foi alta ($p < 0,05$). Nos grupos restaurados com 1 camada de FF foi encontrada uma quantidade elevada de falhas coesivas na resina de base, mantendo preservada a interface dente-restauração ($p < 0,05$). Porém, a distribuição das fraturas nos grupos restaurados com 2 camadas de FF não foi estatisticamente significativa ($p > 0,05$). Foi observado que os valores de resistência de união variaram em função do sistema adesivo e que a camada de baixo módulo de elasticidade foi capaz de influenciar os padrões de fratura.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of dentin bonding systems and restorative techniques on tensile bond strength of class II restorations after thermal and mechanical stresses. Proximal cavities with dentin gingival margins were prepared on ninety bovine incisors. The teeth were randomly assigned into nine groups (n=10), according to the combination of “Bonding agent + Layer (1.0mm) of the flowable composite resin Filtek Flow (FF)”: G1- Single Bond (SB) without FF; G2- SB + 1 FF layer; G3- SB + 2 FF layers; G4- OptiBond Solo Plus (OS) without FF; G5- OS + 1 FF layer; G6- OS + 2 FF layers; G7- Prime & Bond NT (NT) without FF; G8- NT + 1 FF layer, and G9- NT + 2 FF layers. Adhesive systems were applied according to the manufacturers’ instructions and each FF layer was photoactivated separately. Restorations were concluded with Filtek Z250 composite resin. Subsequently, teeth were submitted to thermal (1,000x, 5-55°C, and 60s/bath) and mechanical stresses (100,000x, 80N, 2Hz). The samples were vertically sectioned to obtain approximately 1.0mm thick slabs, which were trimmed to an hour-glass shape with a cross sectional area of approximately 1.0mm². Specimens were submitted to the microtensile test in an universal testing machine (v=0.5mm/min), and the failure mode of the tested specimens was analyzed by SEM. Means (SD) of tensile bond strength were (MPa): G1- 18.7 (7.9); G2- 18.3 (11.4); G3- 19.3 (6.9); G4- 15.4 (5.0); G5- 12.7 (4.2); G6- 12.77 (4.8); G7- 19.3 (7.5); G8- 14.9 (3.1), and G9- 17.83 (3.8). Statistical analysis of bond strength results (Two-way ANOVA / Tukey, $\alpha=5\%$) did not exhibit significant difference between the use or not of FF layers. Statistical differences were not found between the bond strength of SB and NT. Also, both agents presented significant higher means than that observed when OS was used ($p<0.05$). Fracture modes varied considerably between experimental groups (Fisher’s Exact Test, $\alpha=5\%$). Groups without FF layers (G1, G4, and G7) presented a greater frequency of adhesive failures ($p<0.05$). An elevated quantity of cohesive failures at the intermediate layer

was found in the groups restored with 1,0mm of FF ($p < 0.05$), maintaining the integrity of the tooth-restoration interface. On the other hand, fracture modes did not differ between groups with 2.0mm of FF. It was observed that results varied by the type the bonding agent, and that the layer of low modulus of elasticity was able to influence failure modes.

1 Introdução

A durabilidade de uma restauração adesiva está intimamente relacionada com a integridade da interface de união dente-material restaurador. Falhas nesta interface podem resultar em sensibilidade pós-operatória, manchamento marginal, lesões de cárie recorrentes e, eventualmente, desenvolvimento de patologias pulpares (VAN MEERBEEK *et al.*, 1998; ATTAR *et al.*, 2004; CHUANG *et al.*, 2004).

Muitos fatores podem gerar tensões elevadas sobre as margens cavitárias, contribuindo, significativamente, para a deterioração da união entre estrutura dentária e material restaurador. Dentre eles estão: as tensões da contração de polimerização, o módulo de elasticidade do material restaurador e as condições do meio ambiente bucal – sujeitas às variações químicas, térmicas e mecânicas (FEILZER *et al.*, 1987; DAVIDSON & ABDALLA, 1993; DA CUNHA MELLO *et al.*, 1997; LABELLA *et al.*, 1999; NIKAIDO *et al.*, 2002).

Dessa forma, para obtenção do sucesso clínico em restaurações adesivas, a união com as estruturas dentais deve ser capaz de resistir às diversas tensões sofridas pelo material restaurador, prevenindo a infiltração entre as paredes cavitárias e a deterioração da adesão (BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004a; CHOI *et al.*, 2004). Em restaurações de resina composta com limites cervicais abaixo da junção cimento-esmalte, como as do tipo Classe II, a eficácia dos agentes de união e a manutenção da integridade marginal da união são ainda mais críticos (CAGIDIACO *et al.*, 1997; CIVELEK *et al.*, 2003; CHUANG *et al.*, 2004). É sabido que, apesar dos sistemas adesivos terem evoluído consideravelmente, eles ainda exibem um comportamento complexo e menos previsível sobre o tecido dentinário, quando comparado ao esmalte dental (VAN MEERBEEK *et al.*, 1998; CIVELEK *et al.*, 2003).

Estudos têm procurado formas de minimizar a degradação das margens cervicais de restaurações proximais em dentes posteriores, visando a aumentar a sua longevidade. Ao longo do tempo, foram propostas técnicas para inserção do

material restaurador (LUTZ *et al.*, 1986) e o uso de materiais alternativos como base da caixa proximal, a exemplo dos compósitos de baixa viscosidade (BAYNE *et al.*, 1998; MALMSTRÖM *et al.*, 2002) e dos sistemas adesivos com partículas de carga em sua composição (ARMSTRONG *et al.*, 2001; FRANKENBERGER *et al.*, 2002).

O uso de uma camada intermediária com características elásticas pode ser indicado em casos onde há necessidade de absorção de tensões, como na base das restaurações Classe II (BAYNE *et al.*, 1998; MALMSTRÖM *et al.*, 2002; MONTES *et al.*, 2001). Nestas situações, materiais de baixo módulo de elasticidade podem permitir a deflexão entre o compósito tradicional rígido e o substrato dentinário, preservando o vedamento marginal e aumentando a durabilidade da união (KEMP-SCHOLTE & DAVIDSON, 1990a; KEMP-SCHOLTE & DAVIDSON, 1990b).

Resinas compostas de baixa viscosidade foram criadas mantendo-se o mesmo tamanho das partículas inorgânicas dos compósitos híbridos convencionais, porém reduzindo o seu conteúdo de carga e, logo, a sua viscosidade (BAYNE *et al.*, 1998; MALMSTRÖM *et al.*, 2002). Apesar de apresentarem propriedades mecânicas inferiores e aumentada contração de polimerização, que restringem seu uso em algumas aplicações, elas são caracterizadas por baixo módulo de elasticidade e, conseqüentemente, por menor rigidez (BAYNE *et al.*, 1998).

Os sistemas adesivos com cargas inorgânicas em sua composição seguem os mesmos princípios de absorção de impactos das resinas de baixa viscosidade (MONTES *et al.*, 2001; FRANKENBERGER *et al.*, 2002). Segundo UNTERBRINK & LIEBENBERG, 1999, por apresentarem uma espessura de película maior que a dos agentes adesivos tradicionais e um baixo módulo de elasticidade, eles são capazes de distribuir a tensão na interface dente-restauração, compensando as forças geradas na contração de polimerização das resinas compostas. No entanto, o estabelecimento dessa camada elástica com um agente adesivo é uma questão controversa. O uso de uma camada espessa de material radiolúcido, ou minimamente radiopaco, pode limitar o diagnóstico radiográfico de lesões de cárie. Além disso, a maior espessura do agente adesivo nas margens cavitárias pode

afetar de forma significativa a adesão nessa região, possibilitando uma maior degradação (UNTERBRINK & LIEBENBERG, 1999).

A espessura da camada intermediária parece interferir na capacidade de absorção das tensões do material restaurador, de modo que, quanto mais espessa a interface, maior seu efeito de relaxamento (UNTERBRINK & LIEBENBERG, 1999; MALMSTRÖM *et al.*, 2002). No entanto, a ação da espessura da camada de resina de baixa viscosidade em restaurações com limites abaixo da junção cimento-esmalte permanece insuficientemente investigada. Uma alternativa para a utilização de camadas mais espessas, visando maior absorção de tensões, seria a inserção do compósito em pequenos incrementos. Essa aplicação incremental poderia funcionar da mesma forma que para as resinas restauradoras convencionais, compensando parte da maior contração de polimerização desses compósitos menos viscosos.

Finalmente, em função da rapidez de evolução dos materiais restauradores adesivos, o acompanhamento clínico de longa duração desses materiais é praticamente inviável. Portanto, é fundamental que suas propriedades sejam avaliadas por meio de metodologias que simulem o envelhecimento das restaurações em condições do meio ambiente bucal, como as tensões térmicas e mecânicas. Os avanços obtidos em experimentos laboratoriais tornaram possível a simulação de algumas das características do meio ambiente bucal em metodologias *in vitro*. Assim, importantes informações a respeito do comportamento e durabilidade dos materiais restauradores adesivos podem ser alcançadas em condições mais próximas da realidade clínica.

2 Revisão da Literatura

2.1 Adesão

2.1.1 Substrato dentinário

Em 1997, CAGIDIACO *et al.* mapearam as áreas disponíveis para adesão em preparos cavitários tipo Classe V e Classe II. A morfologia da dentina humana foi avaliada em relação à orientação e densidade dos túbulos e ao aumento da área de superfície após o condicionamento com ácido maleico a 10% durante 30s. Preparos Classe V foram realizados na junção cimento-esmalte (JCE) de dentes anteriores e cavidades Classe II com margem cervical localizada 1,0mm abaixo da JCE foram preparadas em dentes posteriores. As paredes cavitárias foram analisadas em microscopia eletrônica de varredura (MEV). A morfologia da dentina se mostrou regular nos dois tipos de preparos. Mais de 50% das superfícies apresentou orientação tubular paralela ou oblíqua à superfície, porém, a densidade dos túbulos variou consideravelmente nas diferentes regiões dos preparos. Nas áreas relacionadas à camada de cimento, a morfologia da superfície cervical mostrou-se mais irregular. A quantidade de dentina intertubular disponível para adesão em cavidades Classe II aumentou após o condicionamento ácido. Baseado nesta investigação morfológica observou-se que o aumento na área de dentina intertubular pode ser responsável por maiores valores de resistência de união após o condicionamento ácido desta superfície, porém nem todas as áreas promovem igual resposta ao condicionamento. Em particular, o substrato para união nas margens cervicais pode contribuir pouco para a retenção micromecânica da restauração.

PHRUKKANON *et al.*, 1999, analisaram o efeito da estrutura dentinária sobre a resistência de união e micromorfologia da interface resina-dentina, para dois agentes de união (Single Bond e um sistema autocondicionante experimental). Pré-molares humanos foram divididos em dois grupos: metade foi utilizada para

avaliar a resistência de união em uma superfície perpendicular à orientação dos túbulos e a outra metade para a avaliação da união com orientação tubular paralela à superfície. Seis regiões da dentina foram examinadas: cúspide, fissura, vestibular cervical, vestibular radicular e radicular média. Após a restauração das superfícies, os corpos-de-prova foram preparados em formato de ampulheta e submetidos ao ensaio de microtração. Não foi observada uma influência significativa da orientação dos túbulos sobre a resistência da união resina-dentina. No entanto, os resultados indicaram que a força de união obtida com o sistema adesivo Single Bond foi afetada pelas diferentes regiões do dente, sendo a dentina média responsável pelos menores valores. O sistema autocondicionante produziu uma união adequada, independentemente da posição no dente. Foi sugerido que estes resultados podem estar relacionados ao condicionamento mais leve da dentina promovido pelo *primer* autocondicionante. Porém, ainda é preciso determinar o motivo de este condicionamento produzir altos valores de resistência de união na dentina.

A combinação de retenção micromecânica, promovida pela formação de *tags* resinosos dentro dos túbulos dentinários e formação de camada híbrida na dentina intertubular parece ser responsável pelos valores de resistência de união na dentina. Assim, em 2001, GIANNINI *et al.*, 2001, investigaram o efeito da densidade e da área ocupada pelos túbulos dentinários na resistência à tração de dois sistemas adesivos: Clearfil Liner Bond 2 (LB) e Prime & Bond 2.1 (PB). Três profundidades dentinárias foram testadas: superficial, média e profunda. Após os respectivos procedimentos de união, blocos de resina composta foram construídos sobre as superfícies e os corpos-de-prova foram preparados para o teste de microtração. Foi encontrada uma relação direta entre resistência de união e densidade dentinária para ambos os materiais. O modelo de regressão linear mostrou que a resistência de união do PB diminuiu significativamente com o aumento da área ocupada por túbulos, no entanto, a mesma tendência não foi observada no LB. A média de resistência de união do PB foi mais alta que a do LB, tanto na dentina superficial quanto na média. Porém, não foram encontradas

diferenças entre os dois na dentina profunda. Os autores concluíram que a resistência de união à dentina foi dependente da microestrutura do substrato no local de união. Este fato foi mais evidente com o sistema baseado em acetona (PB) do que com o autocondicionante (LB).

OGATA *et al.*, 2001, sugeriram que a direção dos túbulos dentinários pode ser a possível razão para resistências de união variáveis dentro de uma cavidade. Foram investigados quatro sistemas adesivos comercialmente disponíveis: Clearfil Liner Bond II, Imperva Fluoro Bond, Single Bond e One Step. Também foi observada a micromorfologia da interface de união em MEV. Molares humanos foram divididos em dois grupos de acordo com a direção tubular na interface resina-dentina, paralela ou perpendicular. Os sistemas adesivos foram aplicados segundo recomendações dos respectivos fabricantes e os corpos-de-prova foram concluídos com a resina Clearfil AP-X. Após 24h de armazenamento em água, as unidades foram fatiadas paralelamente à interface de união e receberam constrições nesta interface, mantendo-a com, aproximadamente, $1,0\text{mm}^2$. Foi observado que alguns grupos restaurados com túbulos paralelos à superfície apresentaram valores de resistência de união significativamente mais altos (Single Bond e One Step). Sugeriu-se que a direção dos túbulos dentinários parece ser uma variável determinante da resistência de união à dentina e que esta direção pode influenciar a capacidade de molhamento intrínseca da superfície.

PURK *et al.*, 2004, compararam a resistência à microtração das paredes dentinárias cervical e axial em cavidades Classe II restauradas com resina composta, em condições *in vivo* e *in vitro*. Pré-molares humanos receberam restaurações Classe II nas faces mesial e distal. Metade dos dentes selecionados para o estudo foi restaurada dentro da cavidade bucal e a outra metade após a extração dos dentes. Vinte e quatro horas após as restaurações, os dentes foram seccionados para a obtenção de “palitos” das paredes avaliadas e testados pelo ensaio de microtração. Foram encontradas diferenças significativas entre as condições *in vivo* e *in vitro* e, entre as paredes axial e cervical. A resistência de união da parede cervical foi significativamente menor que a da parede axial. Além

disso, condições *in vivo* produziram médias significativamente menores que as obtidas *in vitro*. Os autores concluíram que a união às paredes cervicais é mais fraca e, portanto, mais sujeita aos insucessos do que à parede axial. Este fato foi justificado pela maior densidade de túbulos abaixo da junção cimento-esmalte, o que contribui para a menor disponibilidade de dentina intertubular para adesão do que na parede axial. Ainda, foi demonstrado que estudos laboratoriais podem superestimar a resistência de união dos adesivos.

2.1.2 Substrato bovino

Em 1983, NAKAMICHI *et al.*, compararam o substrato humano e bovino, para determinar se o último seria um substituto adequado em testes de adesão. Também foi observado o efeito da profundidade dentinária e do tempo de armazenamento após a extração. Foram utilizados cinco diferentes cimentos (três de policarboxilato, um de ionômero de vidro e um de fosfato de zinco) e duas resinas compostas, todos utilizados segundo as recomendações dos fabricantes. A superfície vestibular de dentes incisivos, humanos e bovinos, foi planificada, os materiais restauradores foram inseridos e os corpos-de-prova foram testados em tração. Os resultados encontrados foram os seguintes: não houve diferença significativa na adesão ao esmalte e à dentina superficial entre os dentes humanos e bovinos; maiores valores de força adesiva foram encontrados na camada superficial da dentina bovina quando comparados aos da camada profunda. O maior tempo de armazenamento aumentou os valores de resistência da união em um dos sistemas adesivos testados. Concluiu-se que os dentes bovinos são substitutos adequados dos humanos em testes de adesão, especialmente quando realizados em esmalte ou na dentina superficial.

As propriedades da dentina mineralizada e desmineralizada de dentes humanos e bovinos foram avaliadas por SANO *et al.*, 1994a. Fatias de dentina foram preparadas para o ensaio de microtração e testadas até a fratura. As unidades da dentina cervical mineralizada humana resultaram no valor médio de resistência à tração de 104MPa e o valor médio de 91MPa foi encontrado na

dentina cervical bovina. O módulo de elasticidade das dentinas humana e bovina variaram de 13MPa a 15MPa. Quando os corpos-de-prova foram desmineralizados em EDTA (etileno diaminoácido tetra-acético), a resistência à tração diminuiu cerca de 30% para todas as unidades. Os autores concluíram que a matriz desmineralizada contribui significativamente na resistência à tração da dentina dentro das condições experimentais testadas.

Em 2004, REIS *et al.*, compararam a resistência de união ao esmalte e à dentina obtida com dentes humanos, bovinos e suínos. A morfologia das superfícies dentárias e das interfaces resina-dentina foi avaliada em MEV. Unidades recentemente extraídas tiveram suas coroas dentárias desgastadas até a planificação da superfície do esmalte ou até a exposição da dentina (numa profundidade média). Após a aplicação do sistema adesivo de condicionamento ácido prévio Single Bond, blocos da resina composta foram confeccionados sobre as superfícies de dentina ou de esmalte. Vinte e quatro horas após a confecção dos corpos-de-prova, eles foram seccionados serialmente para a obtenção de fatias de, aproximadamente, 0,8mm de espessura. Estas fatias receberam constrições em sua interface de união, mantendo-a com área aproximada de $0,8\text{mm}^2$, e foram submetidas ao ensaio de microtração. Os resultados obtidos demonstraram diferenças significativas entre a resistência de união ao esmalte e à dentina. No entanto, não foi observada significância estatística entre os valores obtidos com dentes humanos, bovinos ou suínos. As imagens em MEV revelaram uma morfologia dentinária similar entre as três espécies. Por outro lado, superfícies do esmalte suíno apresentaram distribuição prismática bastante diferente, que pode limitar seu uso em testes de adesão. Os autores indicaram que os dentes bovinos são os substitutos mais adequados para os humanos em testes de resistência de união, tanto no esmalte quanto na dentina.

2.1.3 Sistemas adesivos

VAN MEERBEEK *et al.*, relataram que os métodos tradicionais de retenção das restaurações estão sendo substituídos em grande extensão pelas técnicas restauradoras adesivas, mais conservadoras que as anteriores. Em 1998, os

autores realizaram uma revisão da literatura a respeito do desempenho clínico dos sistemas adesivos disponíveis. Informações sobre estes agentes foram revisadas e foi proposta uma classificação segundo o procedimento de aplicação e o mecanismo de adesão. De acordo com o trabalho, o desempenho clínico dos sistemas adesivos melhorou significativamente desde a sua introdução, permitindo que restaurações adesivas tenham nível de sucesso aceitável. A retenção não é mais a principal causa de insucesso clínico, no entanto, os agentes não são capazes de manter as margens das restaurações livres da alteração de cor e da microinfiltração. A progressiva deterioração marginal é provavelmente causada por tensões residuais da contração de polimerização e por mudanças dimensionais em função de alterações térmicas. Segundo os autores, espera-se que o progresso da odontologia adesiva determine o desenvolvimento de materiais sem ou com menor contração de polimerização e com coeficiente de expansão térmica mais próximo ao da estrutura dentária.

BRAGA *et al.*, 2000, determinaram a resistência à tração obtida com sistemas adesivos com e sem a adição de cargas na dentina de dentes bovinos. Os agentes de união com condicionamento ácido prévio Prime & Bond NT, Prime & Bond quimicamente ativado, Prime & Bond 2.1, OptiBond Solo e Single Bond foram aplicados em fragmentos dentários de acordo com as recomendações dos respectivos fabricantes. Depois da aplicação do adesivo, a resina composta TPH Spectrum foi inserida em incrementos sobre a superfície dentinária. O teste de tração foi realizado 24h após a restauração. Foi observado que os sistemas adesivos com adição de partículas (Prime & Bond NT, Prime & Bond quimicamente ativado e OptiBond Solo) não apresentaram desempenho superior quando comparados aos sistemas sem cargas testados. Os autores observaram que, neste estudo, os agentes foram aplicados sobre superfícies planas, logo, menos susceptíveis às tensões da contração da polimerização. Em configurações cavitárias, menores valores de resistência de união são esperados. Assim, o efeito das partículas de carga pode se tornar mais evidente nestas situações.

GALLO *et al.*, 2001, compararam a resistência ao cisalhamento de quatro sistemas adesivos com partículas de carga aplicados sobre a dentina. Os agentes de união Prime & Bond NT, One Coat Bond, OptiBond Solo e PermaQuik1 foram comparados ao adesivo dentinário Scotchbond Multipurpose Plus (sem adição de cargas). Um cilindro da resina composta Herculite XRV foi unido a fragmentos de dentina humana após a aplicação dos sistemas adesivos. Os corpos-de-prova foram termociclados (1.000 ciclos, entre 6°C e 60°C) e a resistência de união foi determinada pelo ensaio de cisalhamento. Os resultados revelaram que o agente One Coat Bond demonstrou valores significativamente maiores de resistência ao cisalhamento do que os outros materiais testados. Baseado neste resultado, foi observado que a adição de partículas de cargas aos adesivos não promoveu o aumento da resistência de união. Provavelmente, outros fatores além do volume de cargas podem influenciar o desempenho destes sistemas, como a composição e o tamanho das partículas. Além disso, em alguns sistemas, a presença de cargas pode impedir a formação de uma camada híbrida satisfatória, em função de uma maior dificuldade de penetração na superfície dentinária desmineralizada. Assim, este estudo demonstrou que a presença de cargas na composição dos sistemas adesivos não determina a obtenção de uma maior resistência de união à dentina.

GIANNINI *et al.*, 2003, avaliaram durabilidade da união à dentina com oito sistemas adesivos em períodos de armazenamento distintos. Todos os agentes avaliados se apresentavam em frasco único e os períodos de armazenamento testados foram: 1 semana, 3 meses (mais 1.500 ciclos térmicos entre 5°C e 55 °C) e 6 meses (mais 3.000 ciclos térmicos entre 5°C e 55 °C). Molares humanos foram divididos em 24 grupos segundo a combinação do sistema adesivo com o período de armazenamento. Cilindros de resina composta foram aplicados sobre as superfícies de dentina após a utilização de cada sistema adesivo e os corpos-de-prova foram testados em cisalhamento. Uma significativa redução nos valores de resistência de união foi observada nos sistemas Bond-1, OptiBond Solo, STAE e Tenure Quick depois de 6 meses de armazenamento. Estes achados confirmaram

que uma significativa redução da resistência adesiva pode ocorrer depois de períodos de armazenamento em água. Porém, estes resultados não foram uniformes entre os sistemas adesivos testados. Os autores sugeriram que o tipo/quantidade de monômeros e os solventes presentes nos agentes podem ser responsáveis pelas suas diferentes performances.

TOLEDANO *et al.*, 2003, determinaram a resistência de união de cinco sistemas adesivos à dentina profunda e superficial. Molares humanos tiveram a superfície oclusal planificada, expondo as superfícies de dentina. Os sistemas adesivos testados foram: Single Bond/SB, Prime & Bond NT/NT, Excite/EX (todos de condicionamento ácido prévio), Clearfil SE Bond/SE (sistema com *primer* autocondicionante) e Etch & Prime/EP (adesivo autocondicionante de passo único). Blocos da resina composta Filtek Z250 foram construídos sobre as superfícies após a aplicação dos agentes de união. Os dentes foram seccionados em “palitos” para o ensaio de microtração e testados em tensão. A presença de nanoinfiltração nas interfaces de união resina-dentina foi avaliada, revelando extensão variável dentro de todas as camadas híbridas observadas. Os sistemas SB, NT e SE apresentaram desempenho semelhante na resistência de união à dentina superficial. Na superfície profunda, maiores valores foram obtidos com os agentes SE e NT. Este estudo constatou que a união à dentina é dependente do sistema de união e do substrato dentinário. Também foi demonstrada a eficiência do sistema adesivo com adição de cargas na união à dentina profunda.

2.2 Tensões da contração de polimerização

DAVIDSON *et al.*, 1984, relataram que os valores de resistência de união devem ser suficientes para resistir às tensões da contração de polimerização, mantendo a integridade marginal da restauração. Os autores avaliaram a competição entre a união resina-dentina e as tensões de contração, utilizando um modelo linear (superfície plana) e outro tridimensional. Dentes bovinos foram restaurados com o sistema adesivo Scotchbond e com os compósitos Silar

(quimicamente ativado) ou Silux (fotoativado). No modelo linear, a tensão de contração foi registrada continuamente com um tensiômetro e a resistência de união foi determinada em diferentes momentos, desde o início da polimerização. A adaptação marginal da interface compósito-dentina foi avaliada no modelo tridimensional, em restaurações Classe V. Os resultados obtidos no modelo linear indicaram que a interface de união sobreviveu às tensões da contração, fato explicado pela possibilidade de deformação do compósito nesta configuração. No modelo tridimensional, os compósitos foram unidos a mais de duas paredes cavitárias. Nesta situação, o escoamento é limitado e os valores da contração de polimerização podem exceder a resistência da união resina-dentina, levando a sua separação. Este fato foi demonstrado nas cavidades Classe V testadas. Assim, o formato da cavidade foi considerado um fator de significativa importância para conservar a união entre compósito e dentina.

FEILZER *et al.*, 1987, examinaram as tensões de contração de polimerização dos compósitos em função do formato da cavidade dentária. Este formato foi descrito como Fator de Configuração Cavitária, Fator-C, a razão das superfícies livres da restauração sobre as aderidas. Neste experimento, a tensão de contração dos compósitos foi mensurada continuamente num aparelho constituído de dois cilindros metálicos, o superior adaptado a uma célula de carga e inferior a um tensiômetro. A variação no diâmetro e na distância entre os cilindros resultou na simulação dos valores de Fator-C. Foram utilizados dois compósitos quimicamente ativados, Silar e P10. A tensão de contração foi registrada num período de 30 minutos ou até a ocorrência de falhas espontâneas. Quando um $\text{Fator-C} \leq 1$ foi testado, os resultados mostraram que a deformação do compósito ao longo da área livre do cilindro foi suficiente para preservar a união. Valores de $\text{Fator-C} > 2$ resultaram em falhas coesivas em todos os corpos-de-prova. Os autores demonstraram que o escoamento das tensões pelas superfícies livres não foi suficiente para preservar a adesão à dentina na maioria das configurações cavitárias encontradas clinicamente.

A inserção dos compósitos em preparos cavitários gera a competição entre as tensões da contração de polimerização e a união compósito-estrutura dentária. CARVALHO *et al.*, em 1996, revisaram a literatura a respeito da contração de polimerização e da influência da liberação destas tensões pelo material restaurador. Observou-se que a intensidade das tensões geradas pode ser controlada, em parte, pela configuração da cavidade; uso de bases; tamanho, formato e posição dos incrementos de resina composta e, finalmente, tipo de polimerização (química ou fotoativável). Foi constatado que o grau de deformação do compósito durante sua polimerização é determinado pelo material e também pela relação entre a área de superfície unida e a área livre das restaurações (Fator-C). Quanto menor for a capacidade de deformação do material, maior será a tensão de contração de polimerização gerada no processo e, conseqüentemente, exercida sobre a interface de união. Por outro lado, quanto menor o Fator-C, menor será a competição entre a resistência de união e as tensões geradas pela contração de polimerização. Os autores concluíram que o conhecimento dos princípios que podem interferir na união ideal dos compósitos à dentina é fundamental para melhorar a qualidade clínica das restaurações.

Como observado previamente, durante a polimerização da resina composta, tensões de contração competem com a união sistema adesivo-dentina e podem causar falhas nesta interface. De acordo com YOSHIKAWA *et al.*, 1999, a magnitude destas falhas depende de fatores como a configuração da cavidade, sua profundidade e a técnica restauradora. Em seu estudo, os autores sugestionaram que o Fator-C e a profundidade dentinária remanescente poderiam influenciar a resistência de união à dentina em cavidades Classe I. Molares humanos foram divididos em três grupos: superfície oclusal planificada expondo a dentina superficial (controle – Fator-C=1); cavidades tipo Classe I preparadas em dentina profunda (Fator-C=3) e superfície oclusal planificada expondo a dentina profunda (Fator-C=1). Os dentes foram restaurados com três agentes de união (Clearfil Liner Bond II/LBII; One Step/OS e Super-Bond D Liner/DL) e com o compósito Clearfil Photo Posterior. Após 24h, foram preparados para o teste de

microtração. Todos os grupos demonstraram maiores valores de resistência de união à dentina superficial. Quando o fator cavitário foi aumentado, um adesivo apresentou resultados significativamente menores (DL). As observações do padrão de fratura das fatias mostraram que aquelas com maiores valores de resistência de união exibiram mais falhas coesivas dentro da camada híbrida. Por outro lado, menores valores de força adesiva estavam relacionados com mais falhas no topo da camada híbrida. Alguns sistemas adesivos não se uniram adequadamente à dentina profunda, tornando-os mais susceptíveis às tensões da contração de polimerização que se desenvolvem em cavidades com altos Fator-C.

Segundo BOUILLAGUET *et al.*, 2001, muitos estudos da união dentina-resina são realizados em superfícies dentais planas, criadas com lixas abrasivas de carbetto de silício (SiC). Essas condições são, no entanto, bem diferentes das complexas cavidades tri-dimensionais preparadas clinicamente. Assim, os autores investigaram se os valores de união às paredes de uma cavidade Classe II (cervical, oclusal e axial) são menores do que os das mesmas paredes isoladas do resto da cavidade. Molares humanos foram divididos em dois grupos, no primeiro, cavidades méso-ocluso-distais (MOD) foram confeccionadas e no segundo, os dentes foram preparados para obtenção de superfícies planas, correspondentes às paredes testadas no grupo das cavidades. Todas as cavidades/superfícies foram restauradas da mesma forma, com o sistema adesivo Scotchbond Multi-Purpose Plus e a resina composta Z100. Os dentes foram seccionados para a obtenção de fatias das paredes avaliadas, posteriormente testadas em microtração. Foi demonstrado um efeito significativo da configuração cavitária, e valores menores foram encontrados no grupo das cavidades MOD. No entanto, dentro de cada grupo, não foram encontradas diferenças significativas entre as várias regiões (cervical, oclusal e axial). Os autores observaram que o uso de paredes dentinárias planas nos estudos sobre resistência de união pode superestimar os valores obtidos em cavidades preparadas e restauradas sob condições clínicas

CHOI *et al.*, 2004, avaliaram os efeitos de diversas configurações cavitárias na resistência de união, microinfiltração, resistência flexural e módulo de elasticidade de duas resinas compostas, uma híbrida e outra microhíbrida. O compósito híbrido mostrou melhores propriedades mecânicas quando comparado ao microhíbrido. A resistência flexural e o módulo de elasticidade de ambos diminuíram quando eles foram polimerizados sob maior tensão cavitária. A resistência de união à microtração também diminuiu com o aumento do Fator-C, para ambos os compósitos. Os escores de microinfiltração da resina híbrida foram geralmente maiores do que os da resina microhíbrida. Verificou-se que a quantidade de tensão imposta ao compósito durante a sua polimerização (Fator-C) pode afetar as propriedades mecânicas da resina e a integridade da união dente-restauração. Os autores sugeriram que a adequada seleção do material e o controle da tensão de contração são importantes fatores para o sucesso de restaurações em resina composta.

Como visto anteriormente, o alto Fator-C encontrado em cavidades Classe I é responsável pelas significativas tensões exercidas sobre a interface de união durante a contração de polimerização dos compósitos. NIKOLAENKO *et al.*, 2004, observaram a influência do Fator-C e da técnica de inserção do compósito na resistência de união à dentina, avaliada pelo teste de microtração. Três sistemas adesivos (OptiBond FL, Single Bond e One Up Bond F) foram aplicados sobre superfícies planas e em cavidades Classe I. Os incrementos de resina composta foram inseridos horizontalmente, verticalmente e obliquamente, com ou sem uma resina de baixa viscosidade na base da restauração. As unidades foram preparadas para o teste de microtração e testadas após 24h de armazenamento em água. Os resultados apresentaram maiores valores nos corpos-de-prova confeccionados sobre as superfícies planas. Dentro dos grupos de cada agente de união, diferenças significativas entre as formas de inserção do compósito foram detectadas, e a técnica horizontal resultou em valores estatisticamente maiores. O uso do compósito *flow* não influenciou a união com OptiBond FL. Para os outros adesivos, a base de baixa viscosidade melhorou a adesão quando camadas

verticais ou oblíquas foram utilizadas, porém este efeito não foi evidenciado com as camadas horizontais. Os autores concluíram que o Fator-C é capaz de influenciar a união à dentina. No entanto, o uso de uma adequada técnica de inserção do compósito pode resultar na obtenção de altos valores de resistência de união nas paredes cavitárias.

2.3 Táticas para minimizar as tensões geradas pela contração de polimerização

#

LUTZ *et al.*, 1986, sugeriram uma técnica de inserção da resina composta em cavidades Classe II para diminuir as tensões impostas à interface dente-restauração pela contração de polimerização da resina composta. Este procedimento foi denominado de “técnica de polimerização por três lados”. Nesta técnica, três incrementos de resina composta são inseridos nas paredes cervical, vestibular e lingual, e fotoativados separadamente. Para avaliar a eficiência deste procedimento, restaurações foram submetidas a 500.000 ciclos mecânicos (72,5N) e a 2.500 ciclos térmicos (entre 5°C e 55°C). Posteriormente, foram avaliadas quanto à penetração do corante nas suas margens. A técnica de inserção sugerida foi considerada complexa, porém seus resultados mostraram uma adaptação marginal satisfatória. Os autores ressaltaram que para melhorar a qualidade e estabilidade das margens das restaurações, materiais com menor contração de polimerização devem ser desenvolvidos. Além disso, precisam ser determinadas técnicas de inserção e métodos de fotoativação simplificados que não prejudiquem a qualidade da restauração.

De acordo com KEMP-SCHOLTE & DAVIDSON, 1990a, a flexibilidade do material restaurador pode ser um mecanismo adequado para compensar as tensões da contração de polimerização. Neste estudo foi avaliado o efeito de sistemas adesivos e materiais de base com baixo módulo de elasticidade sobre a capacidade de vedamento marginal em cavidades Classe V e sobre a resistência ao cisalhamento à dentina. Também foi observada a contração de polimerização

relacionada ao uso das camadas intermediárias. Diferenças significativas na porcentagem de restaurações com fendas na interface foram atribuídas ao método de tratamento e ao local avaliado (margem incisal ou cervical). Porém, a termociclagem (600 ciclos, entre 5°C e 55°C) e a localização vestibular ou lingual não tiveram influência significativa sobre a adaptação marginal. Foi ainda relatado que a aplicação de bases com baixo módulo de elasticidade, de cerca de 150µm de espessura, preservou a integridade marginal das restaurações Classe V e também reduziu a tensão de polimerização de 20% a 50%. Concluiu-se que a redução da rigidez total da restauração pela aplicação de uma camada intermediária pode torná-la suficientemente flexível para compensar, em parte, as tensões que prejudicam a interface de união.

No mesmo ano, estes autores sugeriram uma relação entre integridade marginal, resistência de união e capacidade de escoamento de compósitos restauradores. Dentes bovinos receberam preparos Classe V com margens superiores em esmalte e inferiores na dentina. As unidades foram restauradas e submetidas a 600 ciclos térmicos (entre 5°C e 55°C). Após 24h de armazenamento em água, os dentes foram seccionados, replicados para avaliação em MEV e avaliados quanto à integridade marginal. Para a determinação da resistência ao cisalhamento, fragmentos da dentina cervical dos dentes bovinos receberam as mesmas combinações restauradoras das restaurações Classe V. Não foi demonstrada uma correlação significativa entre a integridade das margens cavitárias e a resistência de união ao cisalhamento. Porém, a aplicação de camadas intermediárias de resina sem partículas de carga ou de baixo módulo de elasticidade para aumentar a capacidade de escoamento da restauração, influenciou positivamente a qualidade da integridade marginal (KEMP-SCHOLTE & DAVIDSON, 1990b).

BAYNE *et al.*, 1998, compararam compósitos de baixo módulo de elasticidade com resinas compostas híbridas, avaliando as seguintes características: porcentagem de carga por peso e volume; profundidade de polimerização; resistência ao desgaste, à compressão e à flexão; e dureza. Os

testes para determinação dessas propriedades foram conduzidos de acordo com os parâmetros da ISO 4049 e ISO/DIS 6872. Em geral, os resultados mostraram que as propriedades mecânicas dos compósitos *flow* foram 60% a 90% inferiores às aquelas apresentadas pelos compósitos tradicionais. As médias de desgaste foram relativamente baixas para todos os materiais testados, não sendo encontradas diferenças significativas entre eles. Comparados às resinas compostas tradicionais, os compósitos *flow* apresentaram menor módulo de elasticidade e maior capacidade de deformação. Apesar dos bons resultados apresentados, os compósitos de baixa viscosidade ainda não são substitutos adequados para os materiais com alto conteúdo de carga em áreas de concentração de forças. Portanto, devem ser usados com cautela nestas situações.

Segundo LABELLA *et al.*, 1999, a magnitude e cinética da contração de polimerização, junto com o módulo de elasticidade do material restaurador, podem prever falhas da interface de união em restaurações adesivas. Os autores avaliaram estas propriedades em compósitos convencionais, de baixa viscosidade e adesivos com e sem adição de cargas. A magnitude da tensão de polimerização foi obtida com imagens digitais, antes e depois da fotoativação, e a diferença entre as imagens determinou a contração volumétrica. A cinética destas tensões foi avaliada em corpos-de-prova com formato de disco (8,0mm x 1,5mm) colocados entre duas lamínulas de vidro, acopladas à fonte de luz fotoativadora e a uma sonda a laser. A contração de polimerização causava a deflexão do sistema, verificada pela sonda. O módulo de elasticidade foi determinado pela análise do período fundamental de vibração. As resinas de baixa viscosidade geralmente apresentaram maior contração do que os compósitos tradicionais, e os sistemas adesivos com maior conteúdo de carga apresentaram menores valores quando comparados aos outros agentes de união. O módulo de elasticidade dos compósitos *flow* se mostrou intermediário, com valores entre o das resinas compostas microparticuladas e híbridas. Sistemas adesivos com alta densidade de partículas de carga apresentaram maior rigidez do que os outros sistemas,

indicando uma menor capacidade de absorção das tensões interfaciais. A cinética de polimerização se mostrou dependente do material, não sendo possível a comparação deles utilizando este parâmetro. Considerou-se que a maior contração dos compósitos *flow* pode indicar o potencial desenvolvimento de tensões na interface adesiva. No entanto, seu menor módulo de elasticidade parece ser capaz de equilibrar este fator. Os autores enfatizaram a necessidade de estudos futuros para determinar a importância de cada um dos parâmetros avaliados sobre as tensões interfaciais.

UNTERBRINK & LIEBENBERG, em 1999, realizaram uma revisão de literatura sobre a utilização de compósitos de baixa viscosidade como sistemas adesivos com partículas de carga na composição. Segundo os autores, para conseguir um adequado desempenho clínico, materiais adesivos precisam desenvolver forças de união superiores às das tensões da contração de polimerização dos compósitos. Fatores que influenciam a contração de polimerização em uma restauração adesiva incluem: a geometria da cavidade ou fator de configuração cavitária (Fator-C); técnicas restauradoras, inserção incremental e técnicas de fotoativação e, finalmente, o material restaurador, seu módulo de elasticidade e contração volumétrica. A aplicação de camadas espessas de agentes de união tem sido freqüentemente sugerida como forma de equilibrar as tensões de polimerização. Porém, estas camadas podem estar associadas com uma subsequente dificuldade para o diagnóstico radiográfico de lesões de cárie. Além disso, a exposição de materiais hidrófilos nas margens cavitárias pode afetar significativamente a interface de união, acelerando sua degradação. A combinação de um agente de união à dentina com o uso de um compósito *flow* altamente radiopaco pode ajudar a estabelecer esta adesão, criando uma camada intermediária com características elásticas. Os autores sugeriram que este procedimento parece ser fundamental para se atingir resultados clinicamente aceitáveis.

ARMSTRONG *et al.*, 2001, avaliaram o efeito das camadas intermediárias formadas com sistemas adesivos de diferentes módulos de elasticidade. A

durabilidade da união foi determinada em duas configurações cavitárias após o armazenamento em água (30 e 150 dias). Molares humanos foram divididos em dois grupos experimentais: cavidades Classe I (Fator-C=2,5) e superfície dentinária plana (Fator-C<0,5). Os dentes foram restaurados com o compósito Prodigy usado em associação com o adesivo OptiBond FL e com o mesmo agente sem a adição de partículas (experimental). Os corpos-de-prova foram preparados para o teste de microtração, com a confecção de “palitos” com interface de união. Não houve diferença significativa entre a resistência de união nos dois modelos cavitários nem entre os sistemas adesivos testados. Porém, foi encontrada uma interação significativa entre estocagem e configuração cavitária, e menores valores de união foram encontrados após cinco meses de armazenamento. Os autores observaram um aumento na quantidade de falhas na base da camada híbrida após a estocagem. As evidências encontradas indicaram que a durabilidade da união pode ser ameaçada pela hidrólise e que a região mais susceptível é a metade inferior da camada híbrida. Também foi observado que o sistema de união mais flexível apresentou uma união mais durável. No entanto, não foi determinado se esta diferença se deve à menor quantidade de defeitos dentro da interface de união ou se refere à maior capacidade de dissipação de tensões pelo adesivo com menor módulo de elasticidade. Segundo os autores, o uso de materiais intermediários com características elásticas é uma teoria interessante, porém, ainda necessita de confirmações científicas.

MONTES *et al.*, 2001, avaliaram a micromorfologia e a resistência à tração da interface de união compósito-dentina em incisivos bovinos. Foram utilizados três compósitos de baixa viscosidade (Flow It/FI, Protect Liner F/PLF e um compósito experimental/EM), um sistema adesivo sem cargas (Single Bond/SB) e outro com adição de partículas (OptiBond Solo/OS), aplicado em uma ou duas camadas. Foram determinados seis grupos experimentais: 1- SB; 2- SB e FI; 3- SB e PLF; 4- uma camada de OS; 5- duas camadas de OS e 6-SB e EM. Os corpos-de-prova foram finalizados com a resina composta Z100 e testados em tração. Não foram encontradas diferenças significativas entre as médias de

resistência da união dos grupos experimentais. Entretanto, os modos de fratura apresentaram considerável variação entre eles. Ao final, indicou-se que a camada intermediária formada pelo agente adesivo com cargas ou pelo sistema sem cargas associado ao compósito de baixa viscosidade pode criar uma área de absorção de tensões, capaz de aumentar a preservação da interface de união.

FRANKENBERGER *et al.*, 2002, avaliaram o efeito de compósitos de baixa viscosidade sobre a união ao esmalte e dentina, com ou sem um agente de união previamente a sua aplicação. Foram utilizados os sistemas adesivos OptiBond FL (com partículas de carga), Syntac Classic e EBS Multi e os compósitos de baixa viscosidade Ultraseal XT Plus e Revolution. As restaurações foram confeccionadas sobre superfícies planas em esmalte ou dentina de molares humanos. Cada agente de união foi submetido a três condições experimentais: utilização segundo recomendações dos fabricantes (controle) e substituição do adesivo por um dos dois compósitos *flow* (Ultraseal XT Plus ou Revolution) após a aplicação do *primer* do sistema. Passadas 24h do término das restaurações, os corpos-de-prova foram preparados para o teste de microtração. Os grupos-controle produziram valores de resistência de união de 38,9-41,1MPa no esmalte e 28,8-33,4MPa na dentina. No esmalte, as médias do compósito Ultraseal XT Plus, utilizado como agente de união, não diferiram significativamente das obtidas nos grupos-controle. No entanto, quando utilizados na dentina, os dois compósitos *flow* produziram médias estatisticamente inferiores às dos controles. A micromorfologia das interfaces de união foi observada em microscopia eletrônica de varredura e de transmissão. As análises mostraram formação de camada híbrida em todos os grupos experimentais. Entretanto, houve insuficiente penetração do compósito de baixa viscosidade no topo da camada híbrida e muitos túbulos dentinários mostravam-se obstruídos por partículas de carga. Os autores demonstraram que os compósitos *flow* não são substitutos adequados para os sistemas adesivos.

O efeito de diferentes espessuras da camada de resina composta de baixa viscosidade utilizada na base das restaurações já foi investigado. MALMSTRÖM *et*

al., 2002, observaram a influência de três espessuras de bases em compósito *flow* (0,5mm, 1,0mm e 2,0mm) na microinfiltração marginal de restaurações Classe II com margens em esmalte e dentina. As restaurações foram concluídas com um compósito híbrido, termocicladas (300 ciclos, entre 5°C e 55°C) e avaliadas quanto à penetração do corante. Foi demonstrado que a camada de resina composta de baixa viscosidade em maior espessura foi capaz de diminuir a infiltração marginal nos limites cervicais em esmalte. No entanto, a microinfiltração nas margens em dentina não foi influenciada nem pelo uso do compósito *flow* nem pela sua espessura. Os autores sugeriram que a maior infiltração nas margens em dentina pode estar associada à menor resistência de união nesta interface, o que a torna mais susceptível às altas tensões da contração de polimerização.

CIVELEK *et al.*, 2003, estudaram a contração de polimerização de diferentes tipos de compósitos e a microinfiltração em cavidades Classe II com cinco tipos de materiais restauradores: Filtek Z250; compósito de baixa viscosidade (Filtek Flow) associado à Filtek Z250; composto de silicato modificado organicamente, Ormosil, (Admira) e compósito com liberação de íons (Ariston AT). Para cada material, o agente de união indicado pelo fabricante foi utilizado. Restaurações com margens em esmalte e na junção cimento-esmalte (JCE) foram armazenadas durante uma semana em água destilada, termocicladas (2.000 ciclos, entre 5°C e 55°C), coradas em solução de nitrato de prata 50%, imersas em solução reveladora e seccionadas em duas metades. O volume da contração de polimerização dos materiais foi determinado com um aparato específico, composto de transdutor de deslocamento vertical linear, fonte de luz e programa de computador. Os resultados obtidos foram os seguintes: Filtek Flow (3,5%) > Admira (2,1%) = Ariston AT (2,3%) > Filtek Z250 (1,8%). Para a microinfiltração na margem em esmalte, os resultados não mostraram diferenças significativas de nenhum dos materiais. Na JCE, todos os grupos mostraram maior penetração do corante quando comparada à das margens em esmalte. Concluiu-se que o esmalte é adequadamente vedado com os sistemas adesivos e a penetração do corante nesta superfície não parece ser influenciada pelo compósito restaurador. Nenhum

material foi capaz de evitar a microinfiltração na JCE, porém, algumas combinações restauradoras apresentaram resultados mais satisfatórios nestas margens (Single Bond + Filtek Flow + Filtek Z250 e Admira Bond + Admira).

REIS *et al.*, 2003, avaliaram os efeitos de técnicas restauradoras e do uso de compósitos de baixa viscosidade na resistência de união em cavidades Classe II. Molares humanos receberam preparos cavitários proximais, exceto no grupo controle (superfície plana), e foram divididos em dez grupos experimentais. O sistema adesivo de condicionamento ácido prévio Single Bond foi aplicado em todas as unidades e a resina composta TPH Spectrum foi inserida com técnicas incrementais (horizontal, vestibulo-lingual e oblíqua). Os grupos foram testados com e sem a resina composta de baixa viscosidade Tetric Flow Chroma. Os dentes foram seccionados e preparados para o ensaio de microtração. Após o teste, as fatias fraturadas foram observadas em MEV. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos restaurados com e sem o compósito *flow*. Entre as técnicas de inserção, os grupos restaurados em um só incremento mostraram as menores médias de resistência de união. No entanto, os grupos restaurados de forma incremental não diferiram dos controles (superfície plana). Os padrões de fratura variaram significativamente entre os grupos restaurados com e sem a resina composta de baixa viscosidade. Conclui-se que o uso dos compósitos *flow* não melhorou os valores de resistência de união apesar de ter influenciado o modo de falha da interface de união.

O uso dos compósitos *flow* na base de restaurações Classe II tem sido freqüentemente estudado. ATTAR *et al.*, 2004, avaliaram o efeito destas resinas sobre a microinfiltração nas margens cervicais destas restaurações. Os dentes foram restaurados com compósitos para dentes posteriores, associados ou não a 1,0mm de resina composta de baixa viscosidade. As restaurações concluídas foram termocicladas (500 ciclos entre 5°C e 55°C) e imersas na solução corante (fucsina básica a 0,5%). De acordo com os resultados obtidos, observou-se que o uso do compósito *flow* como o primeiro incremento gengival de restaurações Classe II reduziu de forma significativa a microinfiltração marginal tanto das

resinas compostas compactáveis quanto das microhíbridas. No entanto, segundo os autores, há necessidade de posteriores estudos clínicos para confirmar a efetividade deste material.

Em 2004, CHUANG *et al.* investigaram a ação da espessura da camada de resina composta de baixa viscosidade na qualidade marginal e nas porosidades internas de restaurações Classe II em resina composta. Molares humanos receberam preparos cavitários proximais e foram divididos em quatro grupos, de acordo com a combinação restauradora: 1- apenas a resina compactável P60; 2- camada fina do compósito *flow* (0,5 a 1,0mm), polimerizada em conjunto com a P60; 3- camada fina de *flow* (0,5 a 1,0mm) pré-polimerizada e 4- camada espessa de *flow* (2,0mm) pré-polimerizada. Os dentes foram termociclados (1.500 ciclos, entre 5°C e 60°C) e posteriormente avaliados. Os resultados mostraram que as réplicas do grupo 4 apresentaram as maiores porcentagens de aberturas marginais tanto antes quanto após a termociclagem. O grupo 2 exibiu uma qualidade marginal superior na avaliação da microinfiltração quanto comparado aos outros grupos, enquanto que o grupo 4 exibiu a pior. Os grupos pré-polimerizados apresentaram redução significativa das fendas da interface e cervicais. Apesar da redução nas fendas, a camada espessa pode prejudicar o vedamento da margem, especialmente após a termociclagem. Concluiu-se que a espessura da resina composta de baixa viscosidade pode afetar a qualidade das restaurações. Assim, uma base minimamente espessa pode ser indicada para aprimorar a adaptação à cavidade e o vedamento marginal das restaurações em resina composta.

2.4 Tensões térmicas e mecânicas

Em 1956, ANDERSON observou as forças mastigatórias de quatro indivíduos, utilizando um aparato adaptado em seus molares inferiores. As tensões referentes à mastigação de diferentes alimentos foram registradas, sendo expressas em

quilogramas por milímetro quadrado. Foi notada uma variação significativa na pressão total exercida durante as seqüências mastigatórias entre os indivíduos avaliados. No entanto, quando o número de movimentos mastigatórios foi examinado, a diferença individual não foi tão marcante. Observou-se que a mastigação pode ser influenciada por variações intrínsecas aos indivíduos e pelas diferenças entre os tipos de alimentos

DAVIDSON & ABDALLA, 1993, verificaram o efeito de ciclos térmicos e mecânicos na integridade marginal de restaurações Classe II em resina composta. Preparos cavitários foram realizados em dentes humanos e restaurados com três combinações de sistema adesivo/resina composta, associadas ou não à base de ionômero de vidro fotopolimerizável. A integridade marginal foi medida pela penetração do corante e pela observação em MEV, antes e depois das ciclagens térmica e mecânica. As tensões não afetaram a integridade marginal das restaurações com base de ionômero de vidro. Por outro lado, os dentes restaurados sem o material de base tiveram suas margens significativamente danificadas após as ciclagens. Foi demonstrado que uma base de ionômero de vidro fotopolimerizável pode proteger restaurações Classe II em resina composta contra a deterioração prematura da interface de união.

Segundo DA CUNHA MELLO *et al.*, 1997, para muitos sistemas adesivos, as tensões da contração de polimerização não são suficientes para danificar a integridade marginal da parede cervical em restaurações Classe II. Em função disso, cargas mecânicas podem distinguir a qualidade dos sistemas adesivos de um modo mais expressivo. Os autores avaliaram a integridade marginal de restaurações Classe II com oito sistemas adesivos e submetidas a 4.000 ciclos mecânicos (125N). Houve diminuição do vedamento marginal da parede cervical quando forças mecânicas foram aplicadas, para todos os adesivos testados. Concluiu-se que a fadiga mecânica dos corpos-de-prova é um critério efetivo para comparar a qualidade dos produtos.

Em 1998, MIYAZAKI *et al.*, relataram que é difícil prever a longevidade clínica de um sistema adesivo com dados obtidos em testes laboratoriais. No

entanto, a termociclagem pode informar sobre a degradação do material frente a alterações de temperatura. Em seu estudo, foi avaliada a resistência de união ao cisalhamento de sete sistemas adesivos submetidos a diferentes ciclos térmicos (3.000, 10.000 e 30.000 / entre 5°C e 60°C). Foi observada uma significativa redução na resistência de união de alguns sistemas após 30.000 ciclos térmicos, especificamente nos de condicionamento ácido prévio. Os autores ressaltaram que os profissionais precisam ter conhecimento sobre a durabilidade dos novos agentes de união, principalmente em função do condicionador utilizado pelo sistema.

Em 2002, CARDOSO *et al.* avaliaram *in vitro* a microinfiltração de restaurações Classe II em resina composta, confeccionadas com quatro sistemas adesivos diferentes e submetidas a tensões térmicas e mecânicas. Os dentes restaurados receberam 700 ciclos térmicos (entre 5°C e 55°C) e 100.000 mecânicos (80N). Foi observado que o sistema Clearfil SE Bond obteve os melhores resultados e praticamente eliminou a microinfiltração. Bons escores de penetração do corante foram também conseguidos com o Clearfil Liner Bond 2V, porém houve diferença significativa em relação ao primeiro. Os agentes de união Prime & Bond NT e Etch & Prime 3.0 mostraram semelhança estatística entre seus resultados e obtiveram os piores escores de infiltração. Segundo os autores, os resultados encontrados demonstram a importância da associação de tensões térmicas e mecânicas na avaliação da degradação marginal em estudos *in vitro*.

NIKAIDO *et al.*, 2002, avaliaram a durabilidade *in vitro* e o padrão de fratura da interface resina-dentina após tensões térmicas e mecânicas. Molares humanos foram divididos em dois grupos, em um a dentina oclusal foi planificada e, no outro, foram realizados preparos Classe I. As restaurações foram confeccionadas com um sistema adesivo autocondicionante e uma resina composta híbrida. O grupo da dentina planificada foi dividido em quatro subgrupos, de acordo com a combinação de ciclos térmicos (CT / entre 5°C e 55°C) e mecânicos (CM / 50N) recebida: controle, sem CT ou CM; 2.000 CT; 50.000 CM; 2.000 CT e 50.000 CM. Os subgrupos das cavidades Classe I foram submetidos a outras combinações de

CT e CM: controle, sem CT ou CM; 125 CT e 10.000 CM; 645 CT e 50.000 CM; 1250 CT e 100.000 CM. Após as tensões, os dentes foram preparados para o teste de microtração. No grupo da dentina plana, nem as tensões térmicas nem as mecânicas alteraram os valores de resistência da união. As médias obtidas foram de aproximadamente 40MPa e todas as fatias apresentaram falhas coesivas no sistema de união. No grupo das cavidades, os corpos-de-prova que não receberam tensões apresentaram média de resistência de união de 21MPa. Com o aumento das tensões térmicas (1.250 ciclos) e mecânicas (100.000 ciclos), houve uma diminuição significativa nestes valores (16MPa) e uma alteração no padrão das fraturas, com mais falhas ocorrendo na interface resina-dentina e na camada híbrida. Ao final, os autores sugeriram que a combinação de tensões térmicas e mecânicas com o ensaio de microtração permitiu uma satisfatória avaliação da durabilidade *in vitro* da interface dentina-resina.

MITSUI *et al.*, 2003, estudaram a influência das cargas mecânicas na microinfiltração marginal de restaurações Classe II preparadas em dentes bovinos. Foram utilizados dois sistemas adesivos autocondicionantes e dois agentes com condicionamento ácido prévio. As restaurações sofreram um total de 50.000 ciclos mecânicos com carga de 80N, foram imersas em solução de azul de metileno a 2% (pH 7,0) e transversalmente seccionadas para avaliação da penetração do corante. De acordo com os resultados obtidos, não houve diferença significativa entre a aplicação ou não da ciclagem mecânica, para todos os adesivos testados. Apesar de não ter sido determinada a influência da ciclagem mecânica, os autores reafirmaram que seu uso em estudos *in vitro* é um importante método para se avaliar o desempenho dos sistemas adesivos sob condições mastigatórias simuladas.

Em 2004, BEDRAN-DE-CASTRO *et al.* observaram o efeito das ciclagens térmica e mecânica sobre a microinfiltração nas margens cervicais de restaurações proximais e sobre a resistência ao cisalhamento de paredes dentinárias planas, utilizando substrato dentário bovino. As quatro condições experimentais testadas foram: ausência de ciclagem térmica e mecânica, 2.000

ciclos térmicos (entre 5°C e 55°C), 50.000 ciclos mecânicos (80N) e a combinação das ciclagens térmica e mecânica. Não foi observada influência significativa da termociclagem, dos ciclos mecânicos e nem da combinação entre eles sobre as duas variáveis estudadas, microinfiltração e resistência de união. Os autores adicionaram que estudos futuros utilizando um número diferente de ciclos térmicos e mecânicos e outras intensidades de carregamento oclusal devem ser realizados para determinar seus possíveis efeitos sobre a interface de união.

Também em 2004, estes pesquisadores estudaram a resistência de união na parede cervical de restaurações Classe II submetidas a tensões térmicas e mecânicas, utilizando o ensaio mecânico de microtração e a análise do padrão de fratura em MEV. As cavidades foram restauradas com o adesivo Single Bond e com a resina composta Filtek Z250. As restaurações foram divididas em grupos segundo as tensões recebidas: sem ciclagem térmica ou mecânica, 2.000 ciclos térmicos (entre 5°C e 55°C), 100.000 ciclos mecânicos (50N) e combinação das duas ciclagens. Valores de resistência de união significativamente mais baixos foram encontrados nos corpos-de-prova submetidos à combinação dos ciclos térmicos e mecânicos, quando comparadas às dos outros grupos. No entanto, os demais grupos foram estatisticamente semelhantes entre si. As falhas mistas foram mais predominantes do que as coesivas no compósito, no adesivo ou as ocorridas na interface adesiva. Os autores concluíram que a combinação de ciclos térmicos e mecânicos afetou adversamente a resistência de união, resultando em uma possível simulação das tensões recebidas por uma restauração na cavidade bucal (BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004b).

2.5 Teste de resistência da união – Microtração

SANO *et al.*, 1994, avaliaram a relação entre a área da superfície e os valores de resistência de união obtidos com materiais adesivos. Segundo os autores, a avaliação de pequenas interfaces de união pode fornecer informações importantes à respeito das diferenças regionais encontradas na estrutura dentária.

Neste trabalho, foi sugerida a utilização de um novo método de ensaio mecânico, o teste de microtração. Molares humanos tiveram o esmalte oclusal removido e a superfície dentinária planificada. Três grupos experimentais foram determinados: Scotchbond Multi-Purpose Plus, Clearfil Liner Bond II e Vitremer. Nos dois primeiros, a resina composta foi inserida sobre os sistemas adesivos, formando um bloco plano. E, no grupo Vitremer, o bloco foi construído com o próprio material. Após 24h em água, os blocos de dente-material restaurador foram seccionados, obtendo-se fatias de 0,5mm a 3,0mm de espessura. Estas fatias receberam constrições na interface de união e foram testadas em tração. A resistência de união obtida foi inversamente proporcional a área de superfície aderida. Nas pequenas áreas, $0,5\text{mm}^2$, todas as falhas encontradas foram adesivas. Este método permitiu a mensuração de altos valores de resistência de união, sem falhas coesivas na dentina.

PHRUKKANON *et al.*, 1998, avaliaram a influência do formato (retangular ou cilíndrico) e da área de união no teste de microtração e na distribuição das tensões na interface adesiva. Molares humanos foram restaurados com os seguintes agentes de união: Scotchbond MP, OptiBond FL, OptiBond Solo e One Step. Depois de restaurado, cada dente foi seccionado; em uma metade foi avaliado o formato retangular e, na outra, o cilíndrico. As áreas da interface de união avaliadas foram: $1,1\text{mm}^2$, $1,5\text{mm}^2$ e $3,1\text{mm}^2$. Os resultados indicaram que o formato da interface não demonstrou efeito significativo sobre os valores de resistência de união. Entretanto, o uso de pequenas áreas produziu as maiores médias, provavelmente, em função da menor quantidade de defeitos ocorridos na interface de união.

Em 1999, PASHLEY *et al.* descreveram as diversas modificações sofridas pelo teste de microtração. A essência deste ensaio está na divisão do dente restaurado em fatias de 0,5mm a 1,0mm, que são recortadas para que as forças estejam concentradas na interface de união durante a tração. Dentre as vantagens desta técnica estão: podem ser produzidos múltiplas unidades por dente e não há necessidade de matrizes para limitar a superfície de união. As várias modificações

do ensaio de microtração foram utilizadas para medir diferenças regionais na resistência de união à dentina, comparar substratos sadios e afetados por lesões de cárie ou áreas de dentina esclerótica e normal. Esta técnica também é ideal para avaliação da durabilidade da união resina-estrutura dental. Ao final da revisão, foi observado que o ensaio de microtração oferece uma versatilidade que não pode ser obtida com outros métodos convencionais. Ele é mais trabalhoso, porém fornece informações substanciais a respeito da adesão de materiais restauradores em condições mais próximas à realidade clínica.

3 Proposição

No presente estudo, restaurações Classe II em resina composta foram submetidas à tensões térmicas e mecânicas com os seguintes objetivos:

3.1 Avaliar a resistência da união na parede cervical em função:

- Do tipo de sistema adesivo;
- Do uso e espessura da camada de compósito de baixa viscosidade;

3.2 Analisar, em microscopia eletrônica de varredura (MEV), o padrão de fratura da interface de união da parede cervical das unidades experimentais.

4 Material e Métodos

4.1 Delineamento do estudo

- Delineamento experimental: inteiramente ao acaso em esquema fatorial 3x3.
- Unidades experimentais:
Noventa dentes bovinos com um preparo cavitário cada.
- Fatores em estudo:
 - 1) Sistema adesivo, em três níveis: Single Bond, OptiBond Solo Plus, Prime & Bond NT;
 - 2) Técnica restauradora, em três níveis: ausência, uma ou duas camadas de resina composta de baixa viscosidade Filtek Flow.
- Variáveis de resposta:
Resistência da união ao teste de microtração (MPa);
Padrão de fratura observado em MEV.

4.2 Seleção dos dentes

Foram selecionados noventa incisivos bovinos hígidos, armazenados a 37°C em solução neutra de timol a 0,1%. A limpeza dos dentes foi realizada com curetas periodontais (DENTAL DUFLEX, RIO DE JANEIRO, RJ, BRASIL) e o polimento foi dado com pasta de pedra-pomes e água utilizando escovas tipo Robinson (KG SORENSEN, BARUERI, SP, BRASIL) montadas em contra-ângulo de baixa rotação (KAVO DO BRASIL, JOINVILLE, SC, BRASIL).

Após a limpeza e polimento, os dentes foram examinados em lupa estereoscópica (MEIJI 2000, MEIJI TECHNO, JAPÃO) para assegurar a ausência de defeitos ou trincas que pudessem alterar os resultados a serem obtidos.

4.3 Preparo das cavidades

Após a limpeza, a face proximal mais plana e uniforme de cada coroa dentária foi selecionada, para nela ser realizado o preparo cavitário. Esta superfície foi levemente desgastada para diminuir a convexidade proximal do dente bovino, com lixa de carbetto de silício (SiC) de granulação 600 em politriz (MAXIGRIND, SOLOTEST, SÃO PAULO, SP, BRASIL) com refrigeração constante (Figura 1A).

Os dentes selecionados tiveram sua porção radicular incluída em resina de poliestireno. O limite desta inclusão foi determinado em cada unidade, a 6,0mm abaixo da junção cimento-esmalte. As raízes foram posicionadas no interior de tubos de PVC (2,1cm de diâmetro e, aproximadamente 2,0cm de altura), fixados em placas de cera utilidade. A resina de poliestireno foi então preparada na proporção de 2% (100g de resina para 2g de catalisador) e vertida no interior dos tubos. Após a polimerização da resina, os dentes foram removidos dos anéis de PVC (Figura 1B).

As unidades foram cortadas, transversalmente, na porção coronária, aproximadamente, 5,0mm acima do limite amelo-cementário com discos diamantados dupla-face (#7020, KG SORENSEN, BARUERI, SP, BRASIL) operados em baixa rotação sob constante irrigação (Figura 1C). Após o corte, a superfície do dente foi planificada com lixa de SiC de granulação 600 (Figura 1D) em politriz com refrigeração copiosa. Os dentes foram armazenados em água destilada a 37°C até a confecção dos preparos.

Foram realizadas cavidades Classe II, do tipo *s/ot* vertical, na superfície proximal de cada dente, com margem cervical localizada em tecido dentinário. Os limites dos preparos foram determinados com um paquímetro digital (MITUTOYO SUL AMERICANA, SÃO PAULO, SP, BRASIL), sendo as dimensões padronizadas da seguinte maneira (Figura 1E):

- No sentido vestíbulo-lingual: 4,0mm;
- No sentido mésio-distal: 1,5mm;
- No sentido cérvico-oclusal: 6,0mm.

Os preparos foram realizados com brocas Carbide (#245, KG SORENSEN, BARUERI, SP, BRASIL), em alta rotação e sob refrigeração constante (TURBINA – KAVO DO BRASIL, JOINVILLE, SC, BRASIL). As brocas foram substituídas a cada cinco preparos para garantir a uniformidade das cavidades.

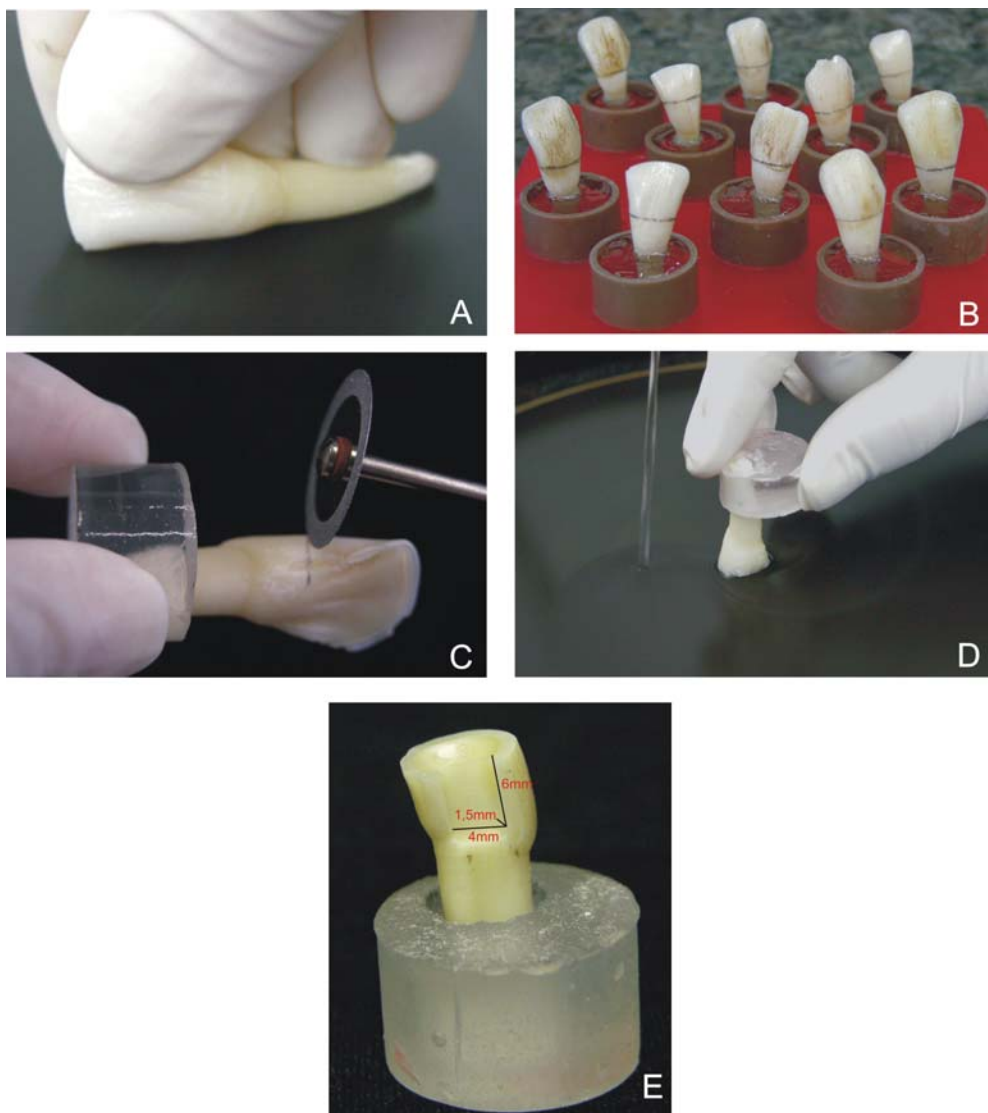


Figura 1. (A) Remoção da convexidade proximal; (B) Dentes incluídos em resina de poliestireno; (C) Corte de parte da coroa com disco diamantado; (D) Planificação da superfície; (E) Preparo cavitário concluído.

4.4 Procedimento restaurador

Os materiais restauradores utilizados neste estudo, suas classificações, composições, fabricantes e lotes estão descritos no ANEXO 1. Após o preparo das cavidades, os corpos-de-prova foram distribuídos, aleatoriamente, em nove grupos experimentais (n=10) de acordo com a combinação restauradora a ser recebida (Quadro 1).

A seqüência das restaurações foi definida em sorteio aleatório e as técnicas restauradoras seguiram as recomendações dos respectivos fabricantes (Quadro 2).

Quadro 1 – Grupos experimentais formados de acordo com a combinação restauradora.

Grupos	Combinação restauradora
G1	Single Bond + Filtek Z250
G2	Single Bond + 1 camada de Filtek Flow + Filtek Z250
G3	Single Bond + 2 camadas de Filtek Flow + Filtek Z250
G4	OptiBond Solo Plus + Filtek Z250
G5	OptiBond Solo Plus + 1 camada de Filtek Flow + Filtek Z250
G6	OptiBond Solo Plus + 2 camadas de Filtek Flow + Filtek Z250
G7	Prime & Bond NT + Filtek Z250
G8	Prime & Bond NT + 1 camada de Filtek Flow + Filtek Z250
G9	Prime & Bond NT + 2 camadas de Filtek Flow + Filtek Z250

***Cada camada de Filtek Flow = 1,0mm.**

Quadro 2 – Materiais e técnicas de utilização.

Material	Técnica de utilização
Gel de Ácido Fosfórico 35%	Aplicação do ácido (15"), lavagem (15"), secagem com papel absorvente (5").
Sistema Adesivo Single Bond	Aplicação de 2 camadas consecutivas, jato de ar (5"), fotoativação (10").
Sistema Adesivo OptiBond Solo Plus	Aplicação / fricção (15"), jato de ar (3"), fotoativação (20").
Sistema Adesivo Prime & Bond NT	Aplicação, aguardar (20"), jato de ar (5"), fotoativação (10").
Resina de baixa viscosidade Filtek Flow	Cada camada de 1,0mm – fotoativação (20").
Resina composta Filtek Z250	Cada camada de 2,0mm – fotoativação (20") – total de 40".

Após os procedimentos adesivos (Figuras 2A, 2B e 2C), foram colocadas matrizes individuais para o preenchimento adequado dos preparos Classe II. Essas matrizes unitárias foram confeccionadas com fita adesiva envolvendo toda a circunferência do dente, associada a um pedaço de tira de poliéster colocado apenas no limite proximal do preparo. Em cada matriz foi realizada uma demarcação referente à espessura da camada do compósito de baixa viscosidade correspondente a cada grupo (G2, G5, G8 = 1,0mm) e (G3, G6, G9 = 2,0mm) (Figura 3).

Cada camada de 1,0mm de Filtek Flow foi dispensada com uma seringa de insulina de 1,0ml (Figuras 2D, 2E e 2F). Esta forma de inserção foi utilizada para padronizar a espessura das camadas da resina composta de baixa viscosidade. Cada seringa foi preenchida com uma parte (0,01ml) do compósito, quantia correspondente a uma camada de 1,0mm. Logo em seguida, o material foi

dispensado de uma vez na cavidade envolvida com a matriz. As seringas foram descartadas após cada aplicação para garantir a uniformidade das camadas. A fotoativação de cada camada (20s) foi realizada através da face oclusal da restauração.

O procedimento restaurador foi concluído com a inserção da resina composta Filtek Z250 (Figuras 2G e 2H) em incrementos horizontais de aproximadamente 2,0mm, sendo cada um fotoativado por 20s pela superfície oclusal até a conclusão da restauração. Foi deixado um excesso oclusal de 1,0mm para facilitar a adaptação do corpo-de-prova durante o ensaio de ciclagem mecânica e permitir que a força incidisse apenas sobre a restauração (MITSUI *et al.*, 2003).

A intensidade de luz da unidade fotoativadora (VIP CURING LIGHT, BISCO SCHAUMBURG, IL, EUA) foi medida periodicamente com o seu radiômetro – em média 660 mW/cm². Os corpos-de-prova foram mantidos em meio úmido em estufa a 37°C por 24h. Após esse período, a superfície oclusal e as margens cavitárias receberam acabamento e polimento com discos de óxido de alumínio do Sistema Sof-Lex Pop-On (3M-ESPE, ST. PAUL, MN, EUA) usados em seqüência decrescente de abrasividade (Figura 2I).

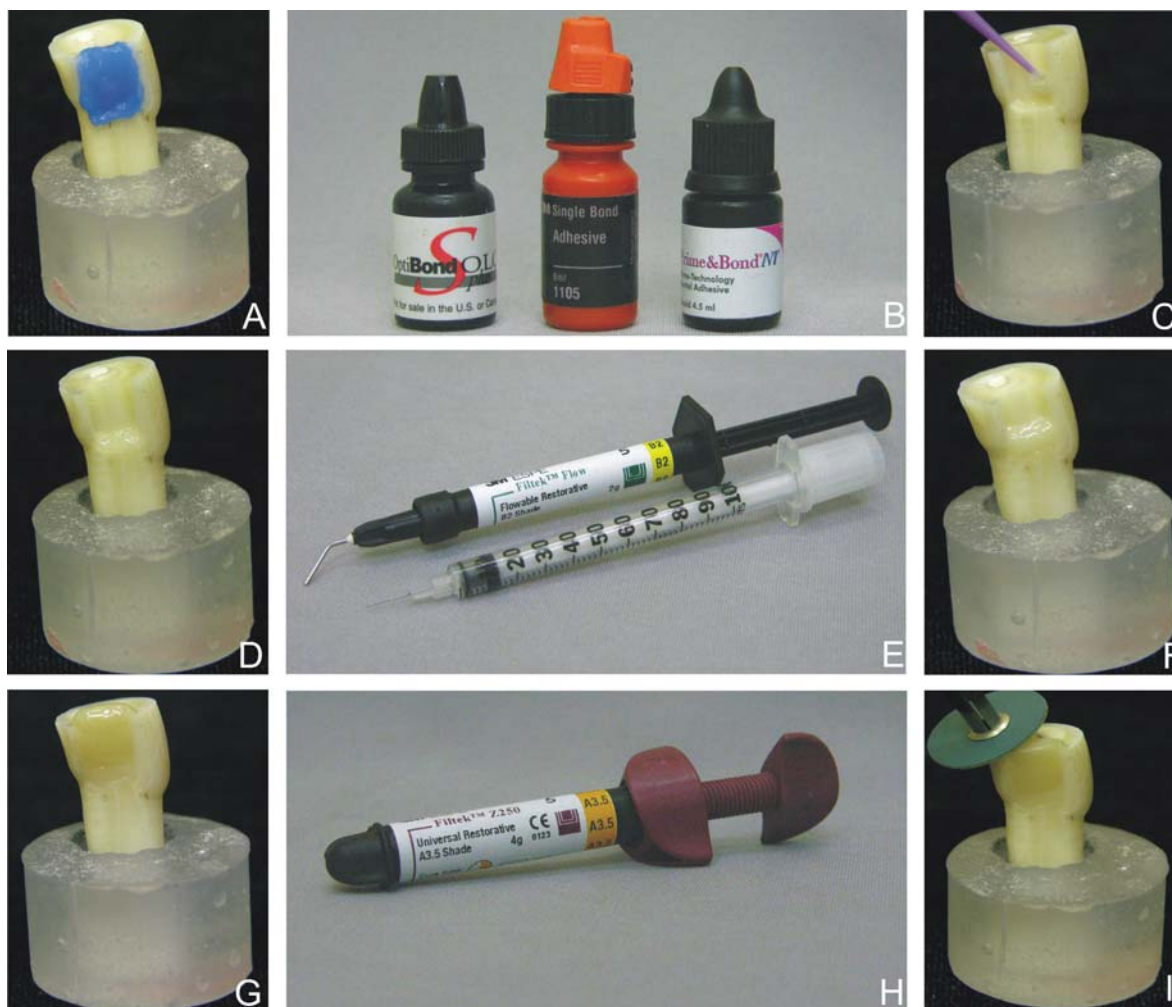


Figura 2. (A) Condicionamento ácido da cavidade com ácido fosfórico 35%; (B) Sistemas adesivos testados; (C) Aplicação dos sistemas adesivos de acordo com o grupo experimental; (D) Aplicação de 1 camada de FF* – G2, G5 e G8; (E) Filtek Flow e seringa de insulina usada para sua aplicação; (F) Aplicação de 2 camadas de FF* – G3, G6 e G9; (G) Restauração concluída; (H) Filtek Z250 e (I) Acabamento e planificação oclusal da restauração.

* A matriz adesiva foi removida para possibilitar a visualização das camadas de FF.

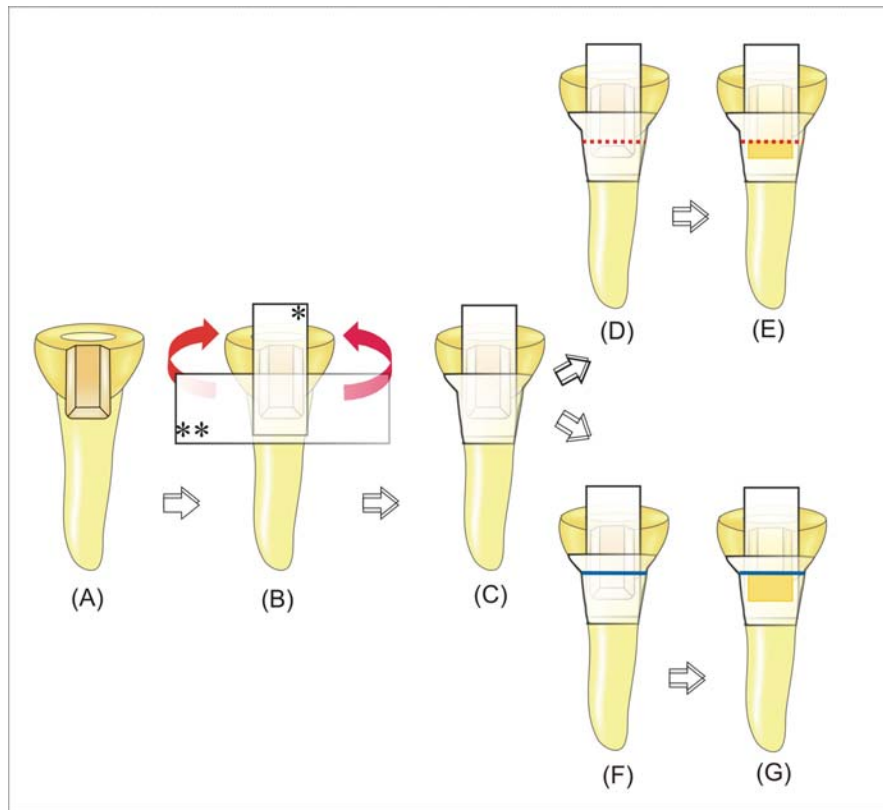


Figura 3. Confeção da matriz individual: (A) dente preparado; (B) posicionamento da tira de poliéster [*] e da fita adesiva [**]; (C) fita adesiva envolvendo toda a circunferência do dente; (D e F) demarcação de 1,0mm e 2,0mm de espessura [vermelho e azul, respectivamente]; (E e G) resina composta de baixa viscosidade inserida até a demarcação correspondente.

..

4.5 Ciclagem Térmica

O procedimento de ciclagem térmica foi realizado 24h após a confecção das restaurações. Os corpos-de-prova foram submetidos à termociclagem em 1.000 ciclos (entre 5°C e 55°C / $\pm 2^\circ\text{C}$), realizados em máquina de ciclagem térmica com controle computadorizado de ciclos (MCT2 – AMM, SÃO PAULO, SP, BRASIL) (Figura 4A). Os dentes foram imersos em água destilada durante 1 minuto em cada temperatura, com tempo de transferência de 5s entre os banhos.

4.6 Ciclagem Mecânica

Para a realização da ciclagem mecânica, os dentes foram adaptados nos dispositivos da máquina de fadiga mecânica (ER-FOP 10, ERIOS INTERNACIONAL, SÃO PAULO, SP, BRASIL) (Figura 4B). Os dentes foram posicionados de maneira que a carga recebida incidisse no longo eixo da restauração. A ponta cilíndrica do dispositivo de carga foi colocada em contato direto com a superfície oclusal das restaurações. Foi realizado um total de 100.000 ciclos com 2,0Hz (ciclos/segundo) de frequência e carga de 80N (8,0kgf). Durante o ensaio, os dentes foram mantidos em água destilada a 37°C.



Figura 4. (A) Máquina de simulação de ciclos térmicos e (B) Máquina de fadiga mecânica.

4.7 Avaliação da resistência da união à microtração

Ao final da ciclagem mecânica, os corpos-de-prova incluídos foram montados em um dispositivo da cortadeira metalográfica de precisão ISOMET 1000 (BUEHLER, LAKE BLUFF, IL, EUA) (Figura 5A), para os cortes seriados das fatias da restauração. Com um disco diamantado dupla-face (#12205, EXTEC CORP., ENFIELD, CT, EUA) fixado ao equipamento, girando em baixa velocidade e sob irrigação constante, foram realizados três cortes no sentido do longo eixo do dente, obtendo-se duas fatias do centro da restauração, com espessura de,

Resistência de união na parede cervical de restaurações Classe II submetidas a tensões térmicas e mecânicas: efeito do sistema adesivo e do uso de compósito de baixa viscosidade

aproximadamente, 1,0mm cada (Figura 5B). Depois destes cortes, o dente foi girado 90° e um novo corte foi realizado (Figura 5C).

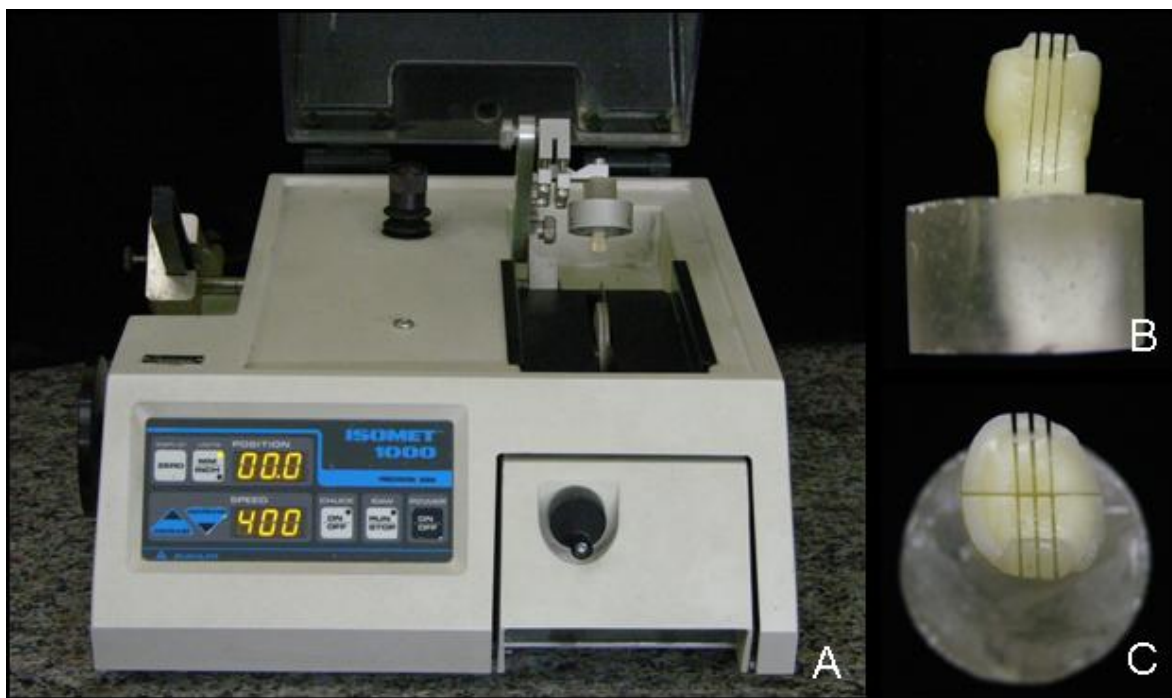


Figura 5. (A) Corpo-de-prova fixado em dispositivo da cortadeira metalográfica; (B) primeiro corte no longo eixo da restauração e (C) dente girado 90° e segundo corte realizado.

As fatias obtidas foram separadas do restante da restauração com o disco diamantado dupla-face #7020. Para a obtenção do formato de ampulheta (*hour-glass*), foram realizados desgastes em lados opostos da interface adesiva com ponta diamantada cilíndrica extrafina (#1093 FF, KG SORENSEN, BARUERI, SP, BRASIL) em alta rotação e sob refrigeração constante. Ao final, a interface adesiva apresentava área de, aproximadamente, 1,0mm² (Figura 6A). A espessura da secção transversal da interface dente/restauração foi constantemente monitorada com o paquímetro digital e a área adesiva (em mm²) foi registrada para o cálculo

da resistência da união em MPa. O número de fatias prematuramente fraturadas durante o seu preparo foi registrado.

As fatias foram individualmente fixadas em um dispositivo especial para o ensaio de microtração, adaptado à Máquina de Ensaio Universal (EMIC DL 500, SÃO JOSÉ DOS PINHAIS, SC, BRASIL) (Figura 6B). A fixação do corpo-de-prova ao aparato foi feita com adesivo à base de cianoacrilato (SUPER BONDER GEL, HENKEL LOCTITE, ITAPEVI, SP, BRASIL) pelas duas extremidades, posicionando a área de adesão perpendicularmente ao longo eixo da força de tração. O ensaio foi realizado com velocidade constante de 0,5mm/min. No momento da fratura, o movimento foi automaticamente interrompido e os valores de resistência da união à microtração em quilogramas-força (kgf) foram coletados. Posteriormente, esses dados foram transformados em valores de Mega Pascal (MPa) e tabulados para realização da análise estatística.

Ao final do ensaio, as duas porções fraturadas foram armazenadas para que o padrão de fratura da interface fosse, posteriormente, avaliado em microscopia eletrônica de varredura.

Resistência de união na parede cervical de restaurações Classe II submetidas a tensões térmicas e mecânicas: efeito do sistema adesivo e do uso de compósito de baixa viscosidade

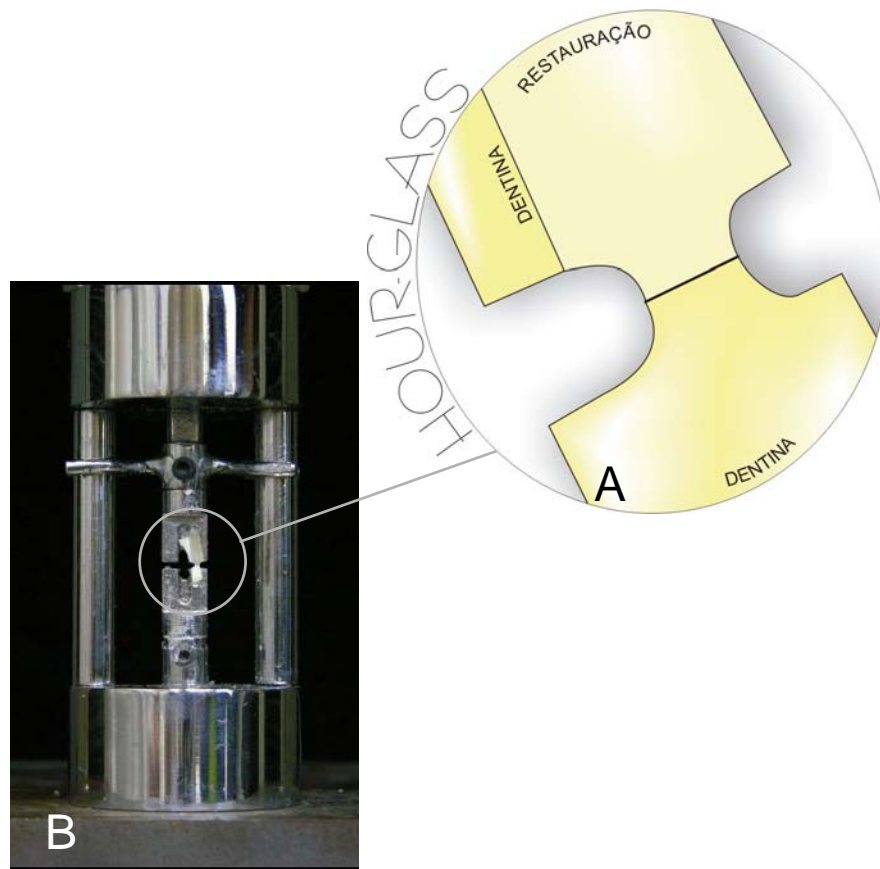


Figura 6. (A) Fatia em formato de *hour-glass*, interface adesiva com área de, aproximadamente, $1,0\text{mm}^2$; (B) Fatia dente/restauração fixada no dispositivo específico para o ensaio de microtração.

#

4.8 Observações em Microscopia Eletrônica de Varredura – Análise do padrão de fratura

As duas fatias de cada restauração foram fixadas com resina composta fotopolimerizável sobre *stubs* metálicos, mantendo as interfaces fraturadas voltadas para cima. Estas fatias foram metalizadas (SCD 050 SPUTTER COATER, BALZERS, ALEMANHA) e observadas em um microscópio eletrônico de varredura (JSM 5900, JEOL, PEABODY, MA, EUA) com aumentos entre 400x e 3.500x.

As fatias fraturadas foram avaliadas e suas principais características anotadas. Ao final, o padrão de fratura do lado composto por dentina foi classificado em quatro tipos diferentes, fazendo uso de uma classificação adaptada da descrita por MONTES *et al.* (2001):

- Tipo 1: Falha adesiva entre o adesivo e a dentina e parcialmente coesiva no adesivo;
- Tipo 2: Falha predominantemente coesiva na camada de adesivo;
- Tipo 3: Falha coesiva na dentina;
- Tipo 4: Falha coesiva na camada de compósito (FF ou Z250).

#

4.9 Análise estatística

A análise estatística foi realizada para comparar quantitativamente as médias da resistência de união dos nove grupos experimentais.

Os valores em MPa foram analisados no programa estatístico SAS 8.0 (SAS INSTITUTE, CARY, NC, EUA). Inicialmente foi realizada a análise exploratória do dados e a seguir foi aplicada a Análise de Variância (ANOVA) em esquema fatorial (3x3), sendo os fatores representados pelo “**sistema adesivo**” (3 níveis) e pela “**técnica restauradora**” (3 níveis). Verificada a significância estatística, aplicou-se o teste de Tukey com nível de significância de 5% para comparações múltiplas entre as médias. A análise estatística completa está apresentada no ANEXO 2.

O teste Exato de Fisher foi aplicado para testar a hipótese de inexistência de associação entre os padrões de fratura, com nível de significância de 5% de erro para a rejeição da hipótese nula (H_0). Os resultados desta análise estão apresentados no ANEXO 3.

5 Resultados

5.1 Resistência de união

Por meio da Análise de Variância (Tabela 1), foram avaliados os efeitos dos fatores “**sistema adesivo**” e “**técnica restauradora**”, separadamente, e a interação entre eles. Para adequação às suposições da ANOVA, foi realizada a transformação dos dados em logaritmo base 10.

Os resultados da Análise de Variância apontam que não foi encontrada diferença estatística entre as técnicas restauradoras ($p=0,33$). Logo, o uso ou não das camadas de FF não teve influência sobre a resistência da união. A interação entre os fatores “**sistema adesivo**” e “**técnica restauradora**” também não foi significativa ($p=0,89$), demonstrando ausência de dependência entre eles. No entanto, diferenças estatisticamente significativas foram verificadas dentro do fator sistema adesivo ($p=0,01$).

Tabela 1 – Resultados da Análise de Variância em esquema fatorial 3 x 3.

Causa da Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Pr > F
Técnica	2	0,06453900	0,03226950	1,11	0,3337
Sistema Adesivo	2	0,25456924	0,12728462	4,40	0,0158
Técnica*Sistema	4	0,03211472	0,00802868	0,28	0,8918

Coeficiente de variação = 14,28%

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que os agentes de união foram diferentes entre si ($p<0,05$), independentemente da técnica restauradora (Tabela 2). Os materiais Single Bond e Prime & Bond NT apresentaram as

maiores médias de resistência de união, sendo ambos estatisticamente diferentes do sistema OptiBond Solo Plus. Como não houve influência da técnica restauradora sobre os valores da resistência à microtração, foi constatado que as restaurações com base em compósito de baixa viscosidade apresentaram comportamento semelhante ao das preenchidas apenas com a resina composta Filtek Z250 ($p>0,05$).

Tabela 2 – Médias de resistência de união (DP) em MPa e número de fatias testadas por grupo, em função dos sistemas adesivos e das técnicas restauradoras.

Sistema Adesivo	Técnica Restauradora			
	Sem Flow	1 camada de FF	2 camadas de FF	
Single Bond	18,7 (7,9) 17	18,3 (11,4) 18	19,3 (6,9) 16	a
OptiBond Solo Plus	15,4 (5,0) 17	12,7 (4,2) 14	12,77 (4,8) 12	b
Prime & Bond NT	19,3 (7,5) 17	14,9 (3,1) 12	17,83 (3,8) 17	a
	A	A	A	

Letras distintas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% (maiúsculas comparam colunas e minúsculas comparam linhas).

5.2 Análise do padrão de fratura

Resistência de união na parede cervical de restaurações Classe II
submetidas a tensões térmicas e mecânicas: efeito do sistema adesivo
e do uso de compósito de baixa viscosidade

Para a avaliação do modo de fratura, 137 interfaces fraturadas foram observadas em MEV e classificadas de acordo com as características predominantes das superfícies.

A distribuição da classificação dos padrões de fratura variou consideravelmente dentro dos grupos experimentais (Figura 7).

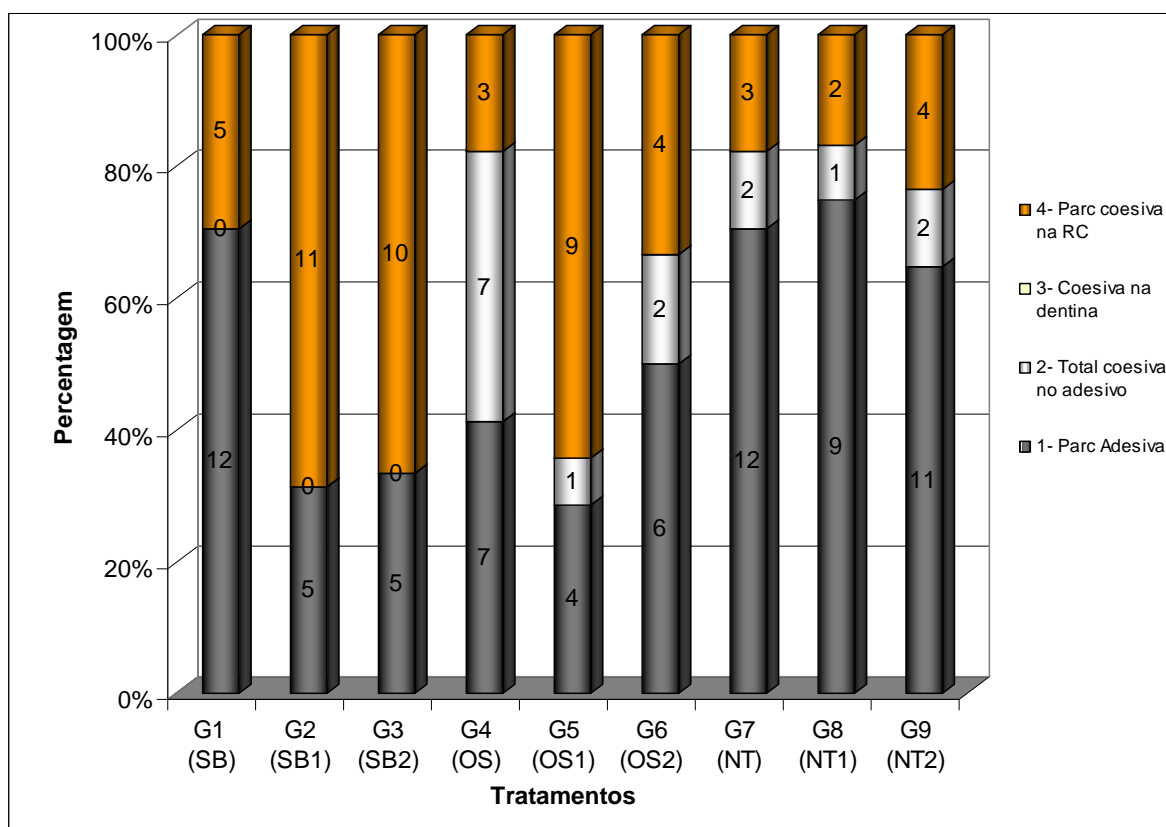


Figura 7. Gráfico representativo da distribuição dos tipos de padrão de fratura entre os nove grupos experimentais.

Falhas parcialmente coesivas na dentina (tipo 3) não foram encontradas nas unidades experimentais.

Nos grupos onde não foram utilizadas camadas de resina composta de baixa viscosidade (G1, G4 e G7), houve diferença significativa do padrão de fratura em função do sistema adesivo ($p < 0,05$). A frequência de falhas do tipo 1, adesiva e parcialmente coesiva no adesivo, foi mais alta ($p < 0,05$). Apenas no

grupo G4 (OS), ela foi semelhante das falhas totalmente coesivas na camada de adesivo (tipo 2) (Tabela 3).

Para cada adesivo, a aplicação de 1,0mm de FF também determinou diferenças dentro do modo de fratura das interfaces de união ($p < 0,05$). Quando os adesivos SB e OS foram utilizados, mais falhas coesivas no compósito de baixa viscosidade (tipo 4) foram encontradas. Porém, o adesivo NT mostrou mais falhas do tipo 1 (Tabela 4).

No entanto, não foi observada significância estatística entre os modos de fratura e os sistemas adesivos quando 2,0mm de FF foram aplicados ($p > 0,05$). Falhas do tipo 1 e do tipo 4 foram as mais freqüentes para todos os sistemas testados (Tabela 5).

Vale ressaltar que, dentre os agentes de união, o OS foi o que apresentou maior quantidade de falhas totalmente coesivas de sua camada (tipo 2), em todas as técnicas restauradoras.

Tabela 3 – Frequência e porcentagem do tipo de padrão de fratura em função do sistema adesivo sem FF.

Sistema Adesivo	Padrão de Fratura			
	1	2	3	4
Single Bond	12 (38%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (46%)
OptiBond Solo Plus	7 (23%)	7 (78%)	0 (0%)	3 (27%)
Prime & Bond NT	12 (39%)	2 (22%)	0 (0%)	3 (27%)

(Teste Exato de Fisher, $p = 0,02$ / Porcentagem total na coluna).

Tabela 4 – Frequência e porcentagem do tipo de padrão de fratura em função do sistema adesivo com 1,0mm de FF.

Resistência de união na parede cervical de restaurações Classe II submetidas a tensões térmicas e mecânicas: efeito do sistema adesivo e do uso de compósito de baixa viscosidade

Sistema Adesivo	Padrão de Fratura			
	1	2	3	4
Single Bond	5 (28%)	0 (0%)	0 (0%)	11 (50%)
OptiBond Solo Plus	4 (22%)	1 (50%)	0 (0%)	9 (41%)
Prime & Bond NT	9 (50%)	1 (50%)	0 (0%)	2 (9%)

(Teste Exato de Fisher, $p=0,02$ / Porcentagem total na coluna).

Tabela 5 – Frequência e porcentagem do tipo de padrão de fratura em função do sistema adesivo com 2,0mm de FF.

Sistema Adesivo	Padrão de Fratura			
	1	2	3	4
Single Bond	5 (23%)	0 (0%)	0 (0%)	10 (56%)
OptiBond Solo Plus	6 (27%)	2 (50%)	0 (0%)	4 (22%)
Prime & Bond NT	11 (50%)	2 (50%)	0 (0%)	4 (22%)

(Teste Exato de Fisher, $p=0,08$ / Porcentagem total na coluna).

As fotomicrografias ilustrativas de cada classificação do padrão de fratura estão descritas a seguir.

Nas figuras 8A e 8B observa-se uma fratura do tipo 1. Logo, há uma falha na interface de união, mas os túbulos permanecem preenchidos pelo sistema adesivo após a fratura.

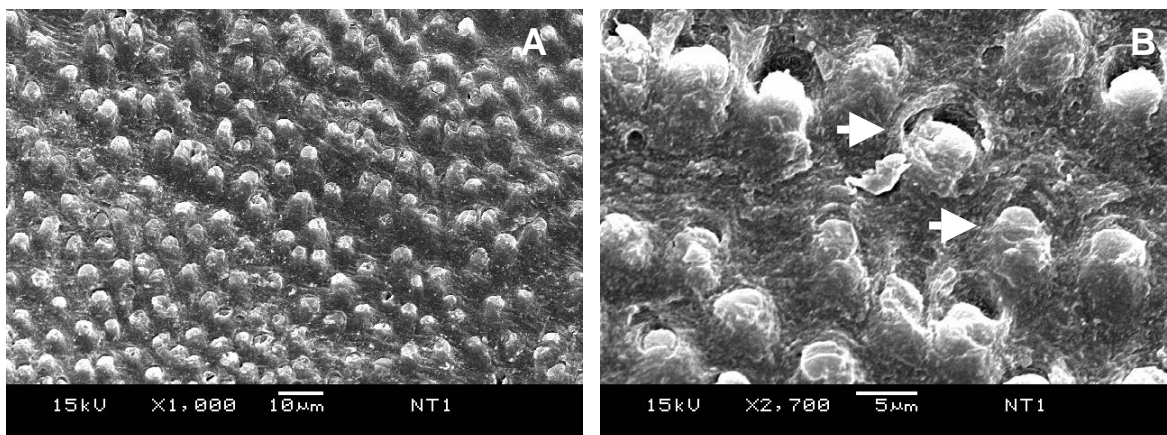


Figura 8. (A) Fotomicrografia representativa do padrão de fratura tipo 1, apresentada por uma unidade do grupo restaurado com o sistema adesivo NT + 1 camada de Filtek Flow como base (1.000x). (B) O maior aumento demonstra o preenchimento dos túbulos dentinários com sistema adesivo após a fratura (setas brancas / 2.700x)

O padrão de fratura do tipo 2, falha predominantemente coesiva na camada de adesivo, está ilustrado nas figuras 9A e 9B. Este tipo de fratura foi mais observado nos grupos restaurados com o agente de união OptiBond Solo Plus.

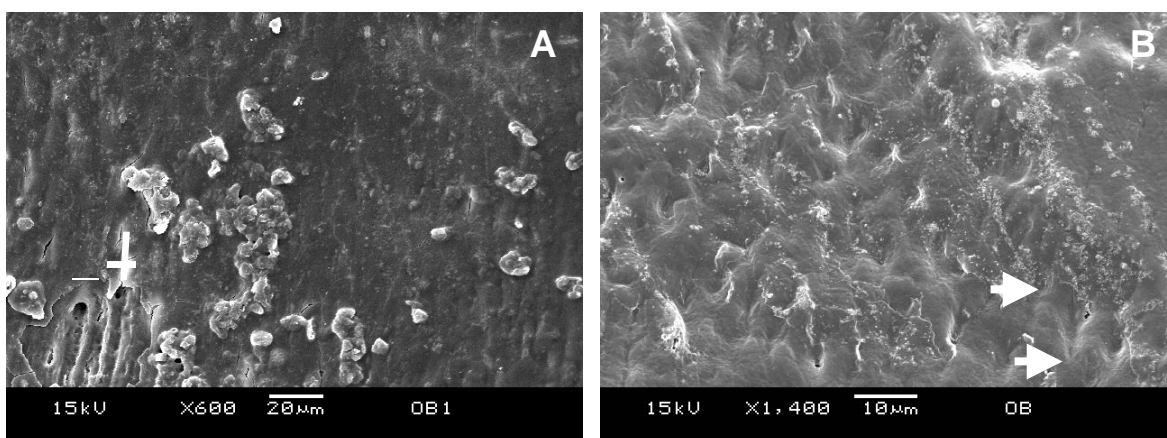


Figura 9. (A) Fotomicrografia representativa do padrão de fratura tipo 2, apresentada no grupo restaurado com o sistema adesivo OS + 1 camada de Filtek Flow (600x). Túbulos expostos aparecem em menor frequência (*). (B) Unidade do grupo OS em maior aumento. Observa-se que a camada de adesivo permanece íntegra sobre os túbulos dentinários após a fratura (setas brancas / 1.400x)

Finalmente, a falha do tipo 4, parcialmente coesiva na camada de compósito, seja o Filtek Flow ou o Filtek Z250, é demonstrada nas figuras 10A e 10B.

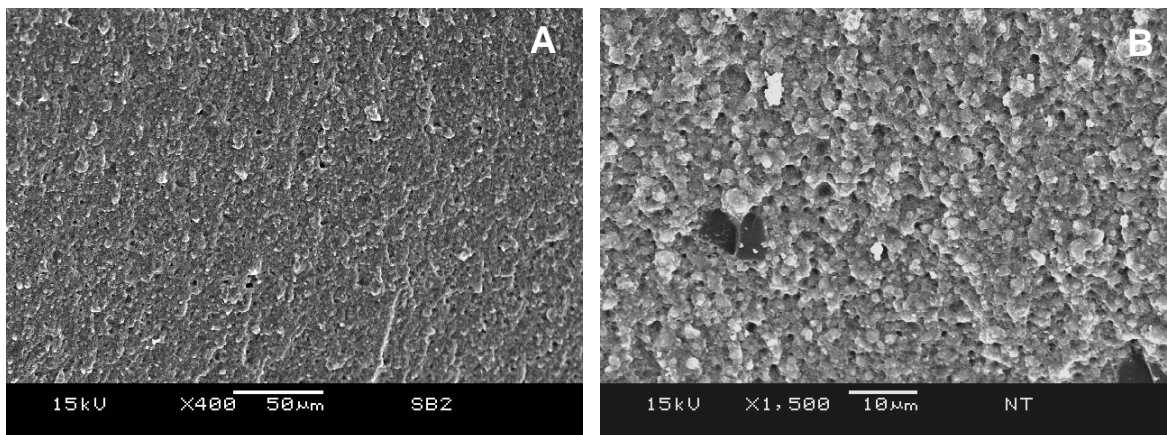


Figura 10. (A) Fotomicrografia ilustrativa da falha do tipo 4 ocorrida na camada de FF, no grupo restaurado com SB + 2 camadas de FF (400x). (B) Observa-se uma falha coesiva na camada de Z250 do grupo NT sem FF (1.500x)

6 Discussão

O insucesso precoce nas margens cervicais de restaurações Classe II em resina composta é um evento freqüente na prática clínica. Observações como manchamentos, lesões de cárie recorrentes e sensibilidade dolorosa são comuns e contribuem para a constante substituição de restaurações adesivas proximais.

A variabilidade do substrato dentinário – localização e profundidade das paredes cavitárias, orientação e densidade dos túbulos – pode influenciar significativamente a adesão à dentina (CAGIDIACO *et al.*, 1997; PHRUKKANON *et al.*, 1999; YOSHIKAWA *et al.*, 1999; GIANNINI *et al.*, 2001; OGATA *et al.*, 2001; PURK *et al.*, 2004). Além disso, muitos fatores naturais à função diária como as alterações térmicas, maloclusões, bruxismo habitual e traumas impõem tensões ao sistema dente-restauração e podem afetar e destruir a união adesiva (DA CUNHA MELLO *et al.*, 1997; NIKAIDO *et al.*, 2002). O acompanhamento clínico dos materiais restauradores adesivos seria, provavelmente, a forma mais eficiente de avaliar a durabilidade da adesão (NIKAIIDO *et al.*, 2002). No entanto, como esses estudos são pouco viáveis na maioria dos centros de pesquisa, trabalhos vêm determinando formas de simular *in vitro* algumas condições do meio bucal, como as tensões térmicas e mecânicas (BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004a; BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004b).

O presente estudo avaliou a resistência de união da parede cervical de cavidades Classe II restauradas com compósitos frente às tensões simuladas da cavidade bucal: desafios térmicos e mecânicos e o fator de configuração cavitária. Foram testados tipos de sistemas adesivos e diferentes técnicas restauradoras, uso ou não de camadas do compósito de baixa viscosidade como base das restaurações.

Os preparos cavitários foram realizados nas faces proximais de dentes bovinos. De acordo com estudos prévios (NAKAMICHI *et al.*, 1983; REIS *et al.*, 2004), o substrato bovino é um possível substituto do humano em estudos sobre

resistência da união. Os dentes bovinos são de fácil obtenção, logo, há um menor período de armazenamento envolvido com a seleção da amostra; possibilitam a utilização de quantidades maiores por grupo experimental e o controle da idade do substrato (REIS *et al.*, 2004).

Tensões térmicas e mecânicas são usadas em estudos *in vitro* para mimetizar o processo natural de envelhecimento das restaurações, dentro da cavidade bucal (CARDOSO *et al.*, 2002; MITSUI *et al.*, 2003; BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004a). NIKAIDO *et al.*, 2002, relataram que a fadiga cíclica pode diminuir a resistência da união dentina-resina. Segundo os autores, a deformação da restauração é um possível acontecimento durante os ciclos térmicos e mecânicos, a qual pode criar micro-separações entre as paredes cavitárias e o sistema adesivo. Estudos já avaliaram o efeito destas tensões sobre a microinfiltração marginal de restaurações (DAVIDSON & ABDALLA, 1993; DA CUNHA MELLO *et al.*, 1997; CARDOSO *et al.*, 2002; MITSUI *et al.*, 2003; BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004a). E outros associaram estas tensões a resultados de resistência de união (MIYAZAKI *et al.*, 1998; NIKAIDO *et al.*, 2002; BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004a; BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004b).

A quantidade de ciclos e as temperaturas usadas variam significativamente nos diversos trabalhos (BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004a). Neste estudo, 100.000 ciclos mecânicos e 1.000 ciclos térmicos (entre 5°C e 55°C, com 1 minuto em cada banho) foram escolhidos como uma média das quantidades utilizadas em pesquisas anteriores (GALLO *et al.*, 2001; CARDOSO *et al.*, 2002; BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004b). Há também uma grande variação na magnitude da força usada durante a ciclagem mecânica e valores entre 50 e 125 N são relatados (DA CUNHA MELLO *et al.*, 1997; NIKAIDO *et al.*, 2002; MITSUI *et al.*, 2003). Segundo ANDERSON, 1956, as forças desenvolvidas pelos dentes durante a mastigação são influenciadas por variáveis relativas ao indivíduo, a exemplo de idade, sexo e hábitos parafuncionais. Como todos estes fatores não podem ser replicados simultaneamente em estudos laboratoriais, é importante que um valor médio seja

utilizado para posterior comparação entre os resultados obtidos. Neste trabalho, assim como no de MITSUI *et al.* (2003), a carga mecânica escolhida foi a de 80N.

O teste de microtração, desenvolvido por SANO *et al.* em 1994b, tornou possível a avaliação da resistência de união em pequenas áreas de superfície (entre 0,5mm² e 1,0mm²) e em condições cavitárias. Muitos testes de resistência de união são realizados sobre superfícies dentinárias planas, confeccionadas com lixas abrasivas (CARVALHO *et al.*, 1996). Estas condições são completamente diferentes da realização de preparos cavitários tri-dimensionais, em aplicações clínicas. Em 2001, BOUILLAGUET *et al.*, demonstraram que a resistência de união obtida em superfícies planas pode superestimar os valores atingidos em configurações cavitárias. Assim, os estudos laboratoriais que utilizam cavidades para avaliar a resistência de união das diferentes paredes, podem trazer informações com aplicação clínica mais relevante (PASHLEY *et al.*, 1999).

Uma das características intrínsecas da resina composta é a contração volumétrica durante a polimerização de seus radicais livres. Neste momento, os monômeros são convertidos em uma rede de polímeros, reduzindo os espaços intermoleculares. A maior parte das tensões de contração ocorre durante o período inicial de polimerização, depois do período de pós-gel do compósito, e vai diminuindo gradualmente com o tempo (CHOI *et al.*, 2004).

Quando a resina composta se une a mais de uma parede cavitária, ocorre uma competição entre ela a interface adesiva nas diferentes paredes, em função da sua contração de polimerização (CARVALHO *et al.*, 1996). A magnitude deste fenômeno depende da configuração da cavidade e é chamado de Fator de Configuração Cavitária ou Fator-C. O Fator-C é definido como a razão entre a área de superfície aderida e a não aderida (FEILZER *et al.*, 1987).

Se a tensão de polimerização gerada em uma cavidade confinada exceder a resistência da união, falhas na interface dente-restauração são produzidas (DAVIDSON *et al.*, 1984; YOSHIKAWA *et al.*, 1999; CHOI *et al.*, 2004; NIKOLAENKO *et al.*, 2004). De acordo com CARVALHO *et al.* (1996), se uma pequena fração da adesão for quebrada durante a contração de polimerização, a retenção da resina

composta pode não ser significativamente afetada. Por outro lado, o vedamento da restauração possivelmente é prejudicado, causando conseqüências clínicas indesejáveis. A formação de fendas marginais pode possibilitar o ingresso de fluidos orais e produtos bacterianos, eventualmente produzindo descoloração das margens e/ou lesões de cárie recorrentes – conseqüentemente reduzindo a durabilidade da restauração. (CARVALHO *et al.*, 1996; CHOI *et al.*, 2004).

KEMP-SCHOLTE & DAVIDSON, 1990a, demonstraram que o aumento da capacidade de relaxamento ou da flexibilidade do material restaurador foi capaz de diminuir as tensões da contração de polimerização e melhorar a adaptação marginal em cavidades Classe V. Flexibilidade é definida como a habilidade do material de sofrer tensão sem se deformar permanentemente. O relaxamento de tensões pode ser atingido pela aplicação de camadas intermediárias espessas de adesivo ou pelo uso de um material com baixo módulo de elasticidade entre as paredes cavitárias e a resina composta adjacente (KEMP-SCHOLTE & DAVIDSON, 1990b).

O uso de uma camada intermediária com características elásticas determina a diminuição das tensões de contração da resina composta impostas à interface dente-restauração (KEMP-SCHOLTE & DAVIDSON, 1990b). A absorção dessas forças é uma função da espessura e do módulo de elasticidade do material e, para qualquer módulo, camadas intermediárias mais espessas irão absorver mais tensões (UNTERBRINK & LIEBENBERG, 1999). Estas camadas podem ser formadas com agentes de união ou com resinas compostas de baixa viscosidade (LABELLA *et al.*, 1999; UNTERBRINK & LIEBENBERG, 1999; GALLO *et al.*, 2001; MONTES *et al.*, 2001; ATTAR *et al.*, 2004; CHUANG *et al.*, 2004).

Os agentes de união utilizados neste estudo assemelham-se por utilizarem a técnica de condicionamento ácido prévio da superfície dentária e por apresentarem todos os componentes do sistema adesivo em um único frasco. No entanto, a composição química dos três sistemas varia consideravelmente. O agente Prime & Bond NT apresenta como solvente orgânico a acetona, possui alta concentração do monômero PENTA e partículas de carga nanométricas

(TOLEDANO *et al.*, 2003). Os sistemas Single Bond e OptiBond Solo Plus utilizam água e álcool como solventes e tem como composição monomérica uma combinação de Bis-GMA/HEMA. A diferença entre eles está na presença de cargas inorgânicas na mistura. O Single Bond é um sistema sem partículas e o OptiBond Solo Plus possui partículas de vidro de bário de aproximadamente 0,6µm. Sua maior viscosidade permite uma espessura superior da camada de adesivo (MONTES *et al.*, 2001).

No presente estudo, médias de resistência de união significativamente menores foram obtidas com o sistema adesivo OptiBond Solo Plus, independentemente da técnica restauradora (Tabela 2). Achados semelhantes foram observados por GIANNINI *et al.* (2003), BRAGA *et al.* (2000) e GALLO *et al.* (2001). Assim, a adição de cargas a um adesivo parece não ser um fator determinante para maiores médias de resistência de união. Estas partículas podem impedir que o agente penetre adequadamente na superfície de dentina condicionada e nas fibras colágenas expostas (GALLO *et al.*, 2001). Além disso, a técnica de aplicação ativa do OptiBond Solo Plus pode danificar partes da estrutura de dentina desmineralizada pelo condicionamento ácido, contribuindo para valores menores de união (MONTES *et al.*, 2001).

Os grupos restaurados com os sistemas Single Bond e Prime & Bond NT mostraram comportamento similar entre si, sendo estatisticamente diferentes dos grupos do OptiBond Solo Plus (Tabela 2). TOLEDANO *et al.* (2003) também verificaram médias de resistência à tração semelhantes entre estes dois agentes na dentina superficial. Este resultado foi justificado pela similaridade da técnica adesiva e pela apresentação de efetivos solventes, capazes de permitir uma ação mais profunda do adesivo na dentina desmineralizada mantida úmida.

Nos grupos restaurados apenas com os agentes de união e o compósito Filtek Z250, a análise dos padrões de fratura mostrou diferenças significativas entre estes (Tabela 3). Apesar de uma maior frequência de falhas tipo 1 – adesivas e parcialmente coesivas no adesivo – ter sido encontrada, no grupo do OptiBond Solo Plus, a quantidade de falhas deste tipo foi semelhante às das

predominantemente coesivas na camada de adesivo (tipo 2). Este último tipo de fratura pode ser associado à maior espessura da camada formada pelo adesivo e sua ocorrência pode estar relacionada com a manutenção do vedamento da interface de união (MONTES *et al.*, 2001).

Um outro procedimento para a criação da camada intermediária elástica – o uso de resinas compostas de baixa viscosidade ou compósitos *flow* – também foi investigado neste estudo. Estes compósitos foram criados mantendo-se o mesmo tamanho de partículas de carga dos materiais híbridos tradicionais, mas reduzindo seu conteúdo em cerca de 20%. Diversas aplicações já foram sugeridas para estas resinas (BAYNE *et al.*, 1998; ATTAR *et al.*, 2004). Elas podem criar uma íntima união com os defeitos microestruturais das paredes cavitárias. Também são usadas para preencher superfícies irregulares e de acesso difícil, como paredes cervicais em restaurações Classe II (ATTAR *et al.*, 2004). Isto previne o aprisionamento de ar e a formação de bolhas, comuns às resinas tradicionais.

O baixo módulo de elasticidade e a maior contração de polimerização dos compósitos *flow*, comparados aos dos compósitos tradicionais, são evidências diretas de que a fluidez é obtida principalmente pelo aumento da proporção de monômeros à formulação (LABELLA *et al.*, 1999). Assim, espera-se que as resinas compostas de baixa viscosidade possuam uma significativa contração de polimerização em função da proporção carga/matriz resinosa (BAYNE *et al.*, 1998). No entanto, LABELLA *et al.*, 1999, sugeriram que a menor rigidez pode contrabalancear esta maior contração do material. Além disso, o baixo módulo de elasticidade indica uma maior habilidade para flexionar junto com a estrutura dentária, diminuindo a formação de *gap* e subsequente microinfiltração nas margens cavitárias (CHUANG *et al.*, 2004; ATTAR *et al.*, 2004).

Uma vantagem adicional do baixo módulo de elasticidade dessas resinas é a habilidade de absorver as tensões da contração de polimerização da resina adjacente, agindo como uma camada intermediária elástica e protegendo a interface de união (UNTERBRINK & LIEBENBERG, 1999; KEMP-SHOLTE & DAVIDSON, 1990b). Porém, existem limitadas informações a respeito da espessura ideal desta

camada e se ela é também capaz de suportar de forma mais adequada as outras forças comuns à cavidade bucal, como as tensões térmicas e mecânicas.

Os resultados desta investigação demonstraram que os valores de resistência de união da parede cervical não diferiram em função do uso de camadas do compósito de baixa viscosidade nem da espessura delas (Tabela 2). No entanto, foi observada uma diferença significativa entre o padrão de fratura dos grupos com espessura de 1,0mm de FF (Tabela 4). Uma quantidade elevada de falhas do tipo 4, coesivas no compósito Filtek Flow ou Filtek Z250, foi observada com os sistemas Single Bond e OptiBond Solo Plus. Estes resultados estão de acordo com os de REIS *et al.*, 2003 e MONTES *et al.*, 2001, que demonstraram uma influência significativa dos compósitos *flow* sobre o modo de fratura dos grupos testados, na ausência de efeitos sobre a resistência de união à tração. Estes estudos justificam que a menor quantidade de carga do material pode, além de diminuir seu módulo de elasticidade, reduzir outras propriedades mecânicas. Assim, em função da elevada ocorrência deste tipo de fratura, sugere-se que a resistência de união, em alguns casos, foi maior que a resistência coesiva do compósito *flow*.

Vale ressaltar que os grupos restaurados com 2,0mm de FF não apresentaram diferenças significativas entre si (Tabela 5). Tanto falhas do tipo 1 quanto do tipo 4 foram observadas nos dentes testados.

KEMP-SCHOLTE & DAVIDSON (1990b) indicaram que materiais que promovem melhor vedamento das margens não mostram necessariamente maiores valores de resistência de união. Segundo os autores, a manutenção da integridade marginal deve estar diretamente associada ao aumento da flexibilidade (capacidade de escoamento) do sistema restaurador. E, aparentemente, a aplicação de camadas intermediárias com características elásticas pode tornar a restauração suficientemente flexível para compensar, em parte, as tensões que excedem a resistência da interface de união.

Falhas coesivas na dentina não foram observadas em nenhum dos grupos experimentais. Achados semelhantes também foram encontrados no trabalho de

PHRUKKANON *et al.*, 1998. SANO *et al.*, 1994a, relataram valores de resistência ao teste de microtração de 91MPa para a dentina cervical de incisivos bovinos, substrato utilizado no presente estudo. Esta força de união é significativamente mais alta que as médias encontradas neste trabalho, o que pode justificar, de alguma forma, a ausência de falhas coesivas na dentina.

Os valores de resistência de união encontrados, assim como no trabalho de BEDRAN-DE-CASTRO *et al.*, 2004b, mostraram-se aceitáveis, porém inferiores aos normalmente encontrados nos estudos em superfícies planas. Segundo YOSHIKAWA *et al.*, 1999, quando cavidades profundas são preparadas, tanto o Fator-C quanto o efeito da profundidade dentinária contribuem para menores valores de resistência de união. PURK *et al.*, 2004, adicionaram que valores de força de união mais baixos na parede cervical podem ser justificados pelo fato de que a densidade de túbulos 1,0mm abaixo da junção cimento-esmalte é maior que na parede axial. Assim, há menos dentina intertubular disponível para adesão na parede cervical do que na axial. Além disso, a dentina profunda possui um maior conteúdo de água do que a dentina superficial, há um maior número de túbulos e suas aberturas possuem diâmetros mais largos. O excesso de água pode diluir os solventes orgânicos de alguns sistemas adesivos, fazendo com que monômeros deixem a fase orgânica e formem glóbulos de resina na água (YOSHIKAWA *et al.*, 1999).

Para ser considerado clinicamente efetivo, o sistema adesivo deve ser capaz de manter a restauração em posição por um período significativo e, ainda mais importante, deve selar completamente as margens cavitárias contra o ingresso de fluidos orais e microrganismos (VAN MEERBEEK *et al.*, 1998). A manutenção do vedamento da dentina prevenirá contra a sensibilidade pós-operatória, manchamento das margens e, eventualmente, desmineralização e lesões de cáries recorrentes. Analisando os resultados obtidos, verificou-se que a utilização da resina composta de baixa viscosidade não apresentou efeito significativo sobre a resistência de união na parede cervical de restaurações Classe II após a realização dos ciclos térmicos e mecânicos. No entanto, seu uso

pareceu influenciar o modo de fratura das unidades testadas, contribuindo para a preservação da união em muitas delas. Ademais, dos sistemas adesivos testados, o OptiBond Solo Plus foi o que apresentou menores médias de força adesiva, porém seu uso também contribuiu para a diminuição dos eventos envolvendo a camada híbrida.

Diante destas observações, parece válido sugerir que a utilização de materiais intermediários, como resinas compostas de baixa viscosidade ou agentes de união com adição de cargas, sob restaurações em resina composta, é um procedimento recomendável. Compósitos *flow*, apesar de adicionarem mais um passo operatório ao procedimento restaurador, são de fácil aplicação e parecem ter uma utilidade significativa na manutenção do vedamento das margens das restaurações.

7 Conclusão

De acordo com as condições experimentais e com os resultados obtidos neste estudo pode-se concluir que:

- Maiores valores de resistência da união foram obtidos com os sistemas Single Bond e Prime & Bond NT. Estes agentes mostraram-se semelhantes entre si e diferentes do OptiBond Solo Plus, independentemente da técnica restauradora;
- A utilização de camadas de resina composta de baixa viscosidade não apresentou efeito significativo sobre os valores de resistência da união;
- O padrão de fratura dos corpos-de-prova testados foi influenciado pelo tipo de camada intermediária. O sistema adesivo de maior viscosidade – OptiBond Solo Plus – e o uso de uma camada do compósito de baixa viscosidade promoveram uma maior preservação da interface de união, mostrando mais falhas coesivas nas suas estruturas e mantendo selada a dentina cervical.

Referências*

- ANDERSON DJ. Measurement of stress in mastication I. *J Dent Res.* 1956; 35(5): 664-70.
- ARMSTRONG SR, KELLER JC, BOYER DB. The influence of water storage and C-factor on the dentin-resin composite microtensile bond strength and debond pathway utilizing a filled and unfilled adhesive resin. *Dent Mater.* 2001; 17(3): 268-76.
- ATTAR N, TURGUT MD, GÜNGÖR HC. The effect of flowable resin composites as gingival increments on the microleakage of posterior resin composites. *Oper Dent.* 2004; 29(2): 162-7.
- BAYNE SC, THOMPSON JY, SWIFT JR. EJ, STAMATIADIS P, WILKERSON M. A characterization of first-generation flowable composites. *JADA.* 1998; 129(5): 567-7.
- BEDRAN-DE-CASTRO AKB, CARDOSO PEC, AMBROSANO GMB, PIMENTA LAF. Thermal and mechanical load cycling on microleakage and shear bond strength to dentin. *Oper Dent.* 2004a; 29(1): 42-8.
- BEDRAN-DE-CASTRO AKB, PEREIRA PNR, PIMENTA LAF, THOMPSON JY. Effect of thermal and mechanical load cycling on microtensile bond strength of total-etch adhesive system. *Oper Dent.* 2004b; 29(2): 150-6.
- BOUILLAGUET S, CIUCCHI B, JACOBY T, WATAHA JC, PASHLEY D. Bonding characteristics to dentin walls of class II cavities, in vitro. *Dent Mater.* 2001; 17(4): 316-21.
- BRAGA RR, CESAR PF, GONZAGA CC. Tensile bond strength of filled and unfilled adhesives to dentin. *Am J Dent.* 2000; 13(2): 73-6.

* De acordo com a norma da FOP/UNICAMP, baseada no modelo Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

- CAGIDIACO MC, FERRARI M, VICH A, DAVIDSON CL. Mapping of tubule and intertubule surface areas available for bonding in Class V and Class II preparations. *J Dent*. 1997; 25(5): 379-89.
- CARDOSO PEC, PLACIDO E, MOURA SK. Microleakage of four simplified adhesive systems under thermal and mechanical stresses. *Am J Dent*. 2002; 15(3): 164-8.
- CARVALHO RM, PEREIRA JC, YOSHIYAMA M, PASHLEY DH. A review of polymerization contraction: The influence of stress development versus stress relief. *Oper Dent*. 1996; 21(1): 17-24.
- CHOI KK, FERRACANE JL, RYU GJ, CHOI SM, LEE MJ, PARK SJ. Effects of cavity configuration on composite restoration. *Oper Dent*. 2004; 29(4): 462-9.
- CHUANG SF, JIN YT, LIU JK, CHANG CH, SHIEH DB. Influence of flowable composite lining thickness on class II composite restorations. *Oper Dent*. 2004; 29(3): 301-8.
- CIVELEK A, ERSOY M, L'HOTELIER E, SOYMAN M, SAY EC. Polymerization shrinkage and microleakage in class II cavities of various resin composites. *Oper Dent*. 2003; 28(5): 635-41.
- DA CUNHA MELLO FST, FEILZER AJ, GEE AJ, DAVIDSON CL. Sealing ability of eight resin bonding systems in a class II restoration after mechanical fatiguing. *Dent Mater*. 1997; 13: 372-6.
- DAVIDSON CL, DE GEE AJ, FEILZER A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res*. 1984; 63(12): 1396-9.
- DAVIDSON CL, ABDALLA AI. Effect of thermal and mechanical load cycling on the marginal integrity of class II resin composite restorations. *Am J Dent*. 1993; 6(1): 164-8.
- FEILZER AJ, DE GEE AJ, DAVIDSON CL. Setting stress in resin composite in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res*. 1987; 66(11): 1636-9.
- FRANKENBERGER R, LOPES M, PERDIGÃO J, AMBROSE WW, ROSA BT. The use of flowable composites as filled adhesives. *Dent Mater*. 2002; 18(3): 227-38.
- GALLO JR, COMEAUX R, HAINES B, XU X, BURGESS JO. Shear bond strength of four filled dentin bonding systems. *Oper Dent*. 2001; 26(1): 44-7.

GIANNINI M, CARVALHO RM, MARTINS LRM, DIAS CTS, PASHLEY DH. The influence of tubule density and area of solid dentin on bond strength of two adhesive systems to dentin. **J Adhes Dent.** 2001; 3(4): 315-24.

GIANNINI M, SEIXAS CAM, REIS AF, PIMENTA LAF. Six-month storage-time evaluation of one-bottle adhesive systems to dentin. **J Esthet Restor Dent.** 2003; 15(1): 43-9.

KEMP-SCHOLTE CM, DAVIDSON CL. Complete marginal seal of class V resin composite restorations effected by increased flexibility. **J Dent Res.** 1990a; 69(6): 1240-3.

KEMP-SCHOLTE CM, DAVIDSON CL. Marginal integrity related to bond strength and strain capacity of composite resin restorative systems **J Prost Dent.** 1990b; 64(4): 658-64.

LABELLA R, LAMBRECHTS P, VAN MEERBEEK B, VANHERLE G. Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. **Dent Mater.** 1999; 15(2): 128-37.

LUTZ F, KREJCI I, BARBAKOW F. Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restorations. **Dent Mater.** 1991; 7(2): 107-13.

MALMSTRÖM H, SCHLUETER M, ROACH T, MOSS ME. Effect of thickness of flowable resins on marginal leakage in class II composite restorations. **Oper Dent.** 2002; 27(4): 373-80.

MITSUI FHO, BEDRAN-DE-CASTRO AKB, RITTER AV, CARDOSO PEC, PIMENTA LAF. Influence of load cycling on marginal microleakage with two self-etching and two one-bottle dentin adhesive systems in dentin. **J Adhes Dent.** 2003; 5(3): 209-16.

MIYAZAKI M, SATO M, ONOSE H, MOORE BK. Influence of thermal cycling on dentin bond strength of two-step bonding systems. **Am J Dent.** 1998; 11(3): 118-22.

MONTES MAJR, DE GÓES MF, CUNHA MRB, SOARES AB. A morphological and tensile bond strength evaluation of an unfilled adhesive with low-viscosity composites and a filled adhesive in one and two coats. **J Dent.** 2001; 29(6): 435-41.

NAKAMICHI I, IWAKU M, FUSAYAMA T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. **J Dent Res.** 1983; 62(10): 1076-81.

- NIKAIDO T, KUNZELMANN KH, CHEN H, OGATA M, HARADA N, YAMAGUCHI S, *et al.* Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. **Dent Mater.** 2002; 18(3): 269-75.
- NIKOLAENKO SA, LOHBAUER U, ROGGENDORF M, PETSCHLT A, DASCH W, FRANKENBERGER R. Influence of c-factor and layering technique on microtensile bond strength to dentin. **Dent Mater.** 2004; 20(6): 579-85.
- OGATA M, OKUDA M, NAKAJIMA M, PEREIRA PNR, SANO H, TAGAMI J. Influence of the direction of tubules on bond strength to dentin. **Oper Dent.** 2001; 26(1): 27-35.
- PASHLEY DH, CARVALHO RM, SANO H, NAKAJIMA M, YOSHIYAMA M, SHONO Y *et al.* The microtensile bond test: A review. **J Adhes Dent.** 1999; 1(4): 299-309.
- PHRUKKANON S, BURROW MF, TYAS MJ. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. **Dent Mater.** 1998; 14(3): 212-21.
- PHRUKKANON S, BURROW MF, TYAS MJ. The effect of dentine location and tubule orientation on the bond strengths between resin and dentin. **J Dent.** 1999; 27(4): 265-74.
- PURK JH, DUSEVICH V, GLAROS A, SPENCER P, EICK D. In vivo versus in vitro microtensile bond strength of axial versus gingival cavity preparation walls in class II resin-based composite restorations. **JADA.** 2004; 135(2): 185-93.
- REIS AF, GIANINNI M, AMBROSANO GMB, CHAN DCN. The effects of filling technique and a low-viscosity composite liner on bond strength to class II cavities. **J Dent.** 2003; 31(1): 59-66.
- REIS AF, GIANINNI M, KAVAGUCHI A, SOARES CJ, LINE SRP. Comparison of microtensile bond strength to enamel and dentin of human, bovine, and porcine teeth. **J Adhes Dent.** 2004; 6(2): 117-21.
- SANO H, CIUCCHI B, MATTHEWS WG, PASHLEY DH. Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. **J Dent Res.** 1994a; 73(6): 1205-11.
- SANO H, SHONO T, SONODA H, TAKATSU T, CIUCCHI B, CARVALHO R, *et al.* Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength – Evaluation of a micro-tensile bond test. **Dent Mater.** 1994b; 10(4): 236-40.

TOLEDANO M, OSORIO R, CEBALLOS L, FUENTES MV, FERNANDES CAO, TAY FR, *et al.* Microtensile bond strength of several adhesive systems to different dentin depths. ***Am J Dent.*** 2003; 16(5): 292-8.

UNTERBRINK GL, LIEBENBERG WH. Flowable resin composites as “filled adhesives”. Literature review and clinical recommendations. ***Quintessence Int.*** 1999; 30(4): 249-57.

VAN MEERBEEK B, PERDIGÃO J, LAMBRECHTS P, VANHERLE G. The clinical performance of adhesives. ***J Dent.*** 1998; 26(1): 1-20.

YOSHIKAWA T, SANO H, BURROW MF, TAGAMI J, PASHLEY DH. Effects of dentin depth and cavity configuration on bond strength. ***J Dent Res.*** 1999; 78(4): 898-905.

Resistência de união na parede cervical de restaurações Classe II submetidas a tensões térmicas e mecânicas: efeito do sistema adesivo e do uso de compósito de baixa viscosidade

Quadro – Materiais utilizados neste estudo: classificação, composição, fabricante e lote.

Material	Classificação	Composição	Fabricante	Lote
Scotchbond Etchant	Gel de ácido Fosfórico	Ácido Fosfórico 35%, sílica coloidal	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	3BH
Single Bond	Sistema adesivo	Bis-GMA, HEMA, PAA, etanol e água	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	3JC
OptiBond Solo Plus	Sistema adesivo com carga	Bis-GMA, HEMA, GPDM, bário-alumínio borosilicato de vidro, disódio hexafluorsilicato, sílica (48% carga/peso)	Kerr, Orange, CA, EUA	304142
Prime & Bond NT	Sistema adesivo de nanopartículas	Resinas de di e trimetacrilato, sílica coloidal nanométrica silanizada, PENTA, hidrofluoreto de cetilamina, acetona	Dentsply De Trey, Konstanz, Alemanha	74788
Filtek Flow	Resina composta de baixa viscosidade	Bis-GMA, TEGDMA, polímero dimetacrilato, zircônia-sílica (47% carga/vol. ou 68% carga/peso)	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	3BN
Filtek Z250	Resina composta de partículas pequenas	Bis-GMA, UEDMA, BisEMA, zircônia-sílica (66% carga)	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA	3UH

Abreviações: Bis-GMA – bisfenol A-glicidil metacrilato; HEMA – 2-hidroxietil metacrilato; PAA – copolímero do ácido polialcenóico; GPDM – dimetacrilato de glicerol-fosfato; PENTA – monofosfato de dipentaeritritol pentacrilato; TEGDMA – trietilenoglicol dimetacrilato; UEDMA – uretano dimetacrilato; BisEMA - etoxilato bisfenol-A-glicol dimetacrilato.

Anexo 2

RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA - ANOVA

Class Level Information

Class	Levels	Values
tecnica	3	1 2 3
adesivo	3	1 2 3

Number of observations 90

NOTE: Due to missing values, only 81 observations can be used in this analysis.

Dependent Variable: media2

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	0.34932135	0.04366517	1.51	0.1696
Error	72	2.08484687	0.02895621		
Corrected Total	80	2.43416823			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	media2 Mean
0.143507	14.28551	0.170165	1.191174

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
tecnica	2	0.05299141	0.02649571	0.92	0.4051
adesivo	2	0.26421522	0.13210761	4.56	0.0136
tecnica*adesivo	4	0.03211472	0.00802868	0.28	0.8918

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
tecnica	2	0.06453900	0.03226950	1.11	0.3337
adesivo	2	0.25456924	0.12728462	4.40	0.0158
tecnica*adesivo	4	0.03211472	0.00802868	0.28	0.8918

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for media2

Resistência de união na parede cervical de restaurações Classe II
submetidas a tensões térmicas e mecânicas: efeito do sistema adesivo
e do uso de compósito de baixa viscosidade

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	72
Error Mean Square	0.028956
Critical Value of Studentized Range	3.38440

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***.

tecnic Comparison		Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits	
1	- 3	0.03060	-0.07729	0.13850
1	- 2	0.06349	-0.04889	0.17586
3	- 1	-0.03060	-0.13850	0.07729
3	- 2	0.03288	-0.08040	0.14616
2	- 1	-0.06349	-0.17586	0.04889
2	- 3	-0.03288	-0.14616	0.08040

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for media2

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	72
Error Mean Square	0.028956
Critical Value of Studentized Range	3.38440

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***.

adesivo Comparison		Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits		
1	- 3	0.00223	-0.10761	0.11207	
1	- 2	0.12061	0.00970	0.23152	***
3	- 1	-0.00223	-0.11207	0.10761	
3	- 2	0.11839	0.00649	0.23028	***
2	- 1	-0.12061	-0.23152	-0.00970	***
2	- 3	-0.11839	-0.23028	-0.00649	***

Anexo 3

RESULTADOS DO PADRÃO DE FRATURA – TESTE EXATO DE FISHER

Sem flow

The FREQ Procedure

Table of linha by coluna

linha	coluna			
Frequency,				
Percent				
Row Pct				
Col Pct	1,	2,	4,	Total
1	12	0	5	17
	23.53	0.00	9.80	33.33
	70.59	0.00	29.41	
	38.71	0.00	45.45	
2	7	7	3	17
	13.73	13.73	5.88	33.33
	41.18	41.18	17.65	
	22.58	77.78	27.27	
3	12	2	3	17
	23.53	3.92	5.88	33.33
	70.59	11.76	17.65	
	38.71	22.22	27.27	
Total	31	9	11	51
	60.78	17.65	21.57	100.00

Statistics for Table of linha by coluna

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	4	11.0068	0.0265
Likelihood Ratio Chi-Square	4	12.6588	0.0131
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	0.3205	0.5713
Phi Coefficient		0.4646	
Contingency Coefficient		0.4213	
Cramer's V		0.3285	

WARNING: 67% of the cells have expected counts less than 5. Chi-Square may not be a valid test.

The FREQ Procedure

Statistics for Table of linha by coluna

Fisher's Exact Test	
Table Probability (P)	6.862E-05
Pr <= P	0.0298

Sample Size = 51

Camada de 1,0mm

Resistência de união na parede cervical de restaurações Classe II
submetidas a tensões térmicas e mecânicas: efeito do sistema adesivo
e do uso de compósito de baixa viscosidade

The FREQ Procedure

Table of linha by coluna

linha	coluna				
Frequency,					
Percent					
Row Pct					
Col Pct	1,	2,	4,	Total	
1	5	0	11	16	
	11.90	0.00	26.19	38.10	
	31.25	0.00	68.75		
	27.78	0.00	50.00		
2	4	1	9	14	
	9.52	2.38	21.43	33.33	
	28.57	7.14	64.29		
	22.22	50.00	40.91		
3	9	1	2	12	
	21.43	2.38	4.76	28.57	
	75.00	8.33	16.67		
	50.00	50.00	9.09		
Total	18	2	22	42	
	42.86	4.76	52.38	100.00	

Statistics for Table of linha by coluna

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	4	9.4318	0.0512
Likelihood Ratio Chi-Square	4	10.6893	0.0303
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	6.2939	0.0121
Phi Coefficient		0.4739	
Contingency Coefficient		0.4282	
Cramer's V		0.3351	

WARNING: 33% of the cells have expected counts less than 5. Chi-Square may not be a valid test.

Statistics for Table of linha by coluna

Fisher's Exact Test	
Table Probability (P)	2.956E-04
Pr <= P	0.0220

Sample Size = 42

Camada de 2,0mm

The FREQ Procedure

Table of linha by coluna

linha	coluna			
Frequency,				
Percent ,				
Row Pct ,				
Col Pct ,	1,	2,	4,	Total
1	5	0	10	15
	11.36	0.00	22.73	34.09
	33.33	0.00	66.67	
	22.73	0.00	55.56	
2	6	2	4	12
	13.64	4.55	9.09	27.27
	50.00	16.67	33.33	
	27.27	50.00	22.22	
3	11	2	4	17
	25.00	4.55	9.09	38.64
	64.71	11.76	23.53	
	50.00	50.00	22.22	
Total	22	4	18	44
	50.00	9.09	40.91	100.00

Statistics for Table of linha by coluna

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	4	7.6797	0.1040
Likelihood Ratio Chi-Square	4	8.7773	0.0669
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	5.2268	0.0222
Phi Coefficient		0.4178	
Contingency Coefficient		0.3855	
Cramer's V		0.2954	

WARNING: 44% of the cells have expected counts less than 5. Chi-Square may not be a valid test.

Statistics for Table of linha by coluna

Fisher's Exact Test

Table Probability (P)	5.020E-04
Pr <= P	0.0873

Sample Size = 44